

**Szegedi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar**

**A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén,  
a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében**

**Doktori értekezés**



**Készítette: Kozák Péter  
Okleveles építőmérnök**

1. Bevezetés.....	3
2. A belvíz fogalomrendszere.....	9
3. A belvizek kialakulásának feltételei, a belvizek létrejöttének vertikális és horizontális útvonalai, a belvizek évszakosságának jellemzői .....	13
4. A belvizek megjelenésének természeti és antropogén tényezői.....	18
4.1. Természeti tényezők.....	18
4.2. Antropogén tényezők .....	24
5. A belvíz veszélyeztetettség fogalma és területi ábrázolása.....	30
5.1. A belvízi elöntés időbeli változása.....	30
5.2. A belvíz-veszélyeztetettségi térkép .....	32
6. Az elvégzett vizsgálatok célkitűzései és a vizsgálati terület jellemzése .....	35
6.1. Az elvégzett vizsgálatok célkitűzései.....	35
6.2. A vizsgálati terület kiválasztásának főbb szempontjai.....	38
6.3. A vizsgálati terület természeti földrajzi leírása .....	40
7. A belvíz mennyiségi jellemzőinek vizsgálata, a belvízi jelleggörbe elemzése.....	43
7.1. A belvíz mennyiségi jellemzők észlelése.....	43
7.2. A belvíz mennyiségi jellemzők vizsgálati módszere .....	44
7.3. A belvízi jelleggörbe sajátosságai, a kvantitatív jellemzők elemzése.....	46
8. A belvizek területi eloszlásának vizsgálata és az abból levonható következtetések.....	52
8.1. A belvízi elöntések területi észlelésének módszerei .....	52
8.2. Az elöntések feldolgozásának módszere.....	55
8.3. A belvízi elöntések relatív gyakorisági térképe és annak jellemzői.....	58
9. A belvizek elvezetése során alkalmazott vízkormányzási gyakorlat eredményességének vizsgálata.....	63
10. A belvizek és a csapadék viszonya .....	66
10.1 A belvízi elöntések és a felhalmozódási időszak csapadékviszonyainak kapcsolata...	66
10.2. A belvíz relatív gyakoriság területi eloszlás értékeinek vizsgálata a csapadékviszonyok tükrében.....	68
10.3. Az együttes vizsgálat alapján levonható megállapítások .....	69
12. Tézisek .....	83
13. Summary .....	89
Irodalomjegyzék:.....	95

## 1. Bevezetés

A vizek kártétele elleni küzdelmet sík vidékeken a síkvidéki vízrendezés más szóval belvízrendezés körében valósítják meg. Nagy jelentősége van, mert Magyarország művelt területének 60%-át, több mint 4 millió hektárt veszélyeztet belvízi elöntés. A vízrendezés feladata a vízfeleslegek kártételei elleni védekezés. A síkvidéki területen, természetes állapotban, összefüggő, a víz levonulását biztosító kifejezett mélyvonulatok nincsenek, az a vízmennyiség, ami a talajba beszivárogni nem képes, a keletkezés helyén marad, vagy kisebb lefolyástalan mélyedésekben gyűlik össze.

Az árvizek szabályozott, töltések közötti levezetésével megszűntek, illetve egyre ritkábbá váltak az árvízi elöntések. Megjelent azonban egy másfajta veszedelem, a belvíz.

Belvíznek kezdetben azt a vizet nevezték, amely az ármentesített területen (belül) keletkezett és az árvízvédelmi töltések miatt nem talált szabad lefolyást. Ezen a problémán segítettek a töltésekbe épített zsilipek majd 1878-tól a szivattyútelepek is. Így lehetővé tették a belvizeknek a folyóba juttatását akkor is, amikor a töltések között a levonuló árvizek miatt tartósan magas vízállások voltak. Azonban a sík vidék sajátos domborzati viszonyai (pl. kis tereplejtések, sok lefolyástalan területfolt stb.), valamint a vízelvezető csatornahálózat hiánya miatt a belvizeket nem tudták keletkezésük ütemében a folyók felé elvezetni, ezért nagy kiterjedésű, hosszabb-rövidebb ideig tartó belvízi elöntések alakultak ki. Ilyen elöntések nemcsak a folyók mentesített árterületén, hanem azon kívül, a magasabban fekvő területeken is létrejöttek. Az ún. fennsíki vizek – melyeket ma gyakran belvizeknek tekintünk – az alsó, mélyebb fekvésű területre zúdulva óriásivá növelték a mélyártéri elöntéseket.

A belvíz fogalmát legrövidebben úgy fogalmazhatnánk meg, hogy nem más, mint sík területen keletkezett árvíz (Pálfai, 1993.) (*l.kép*)



**1. kép** Külterületi belvízi elöntés (Tripolszky I. felvétele 1999)

Az árvízhez hasonlóan a belvíz is csapadékból (hóléból vagy esőből) képződik, de a beszivárgás után fennmaradó vízmennyiség nem folyik le rögtön, hanem a csekély esésű térszín kisebb-nagyobb terepmélyedéseiben összegyűlik, ott átmenetileg tározódik, azaz belvízi elöntéseket okoz.

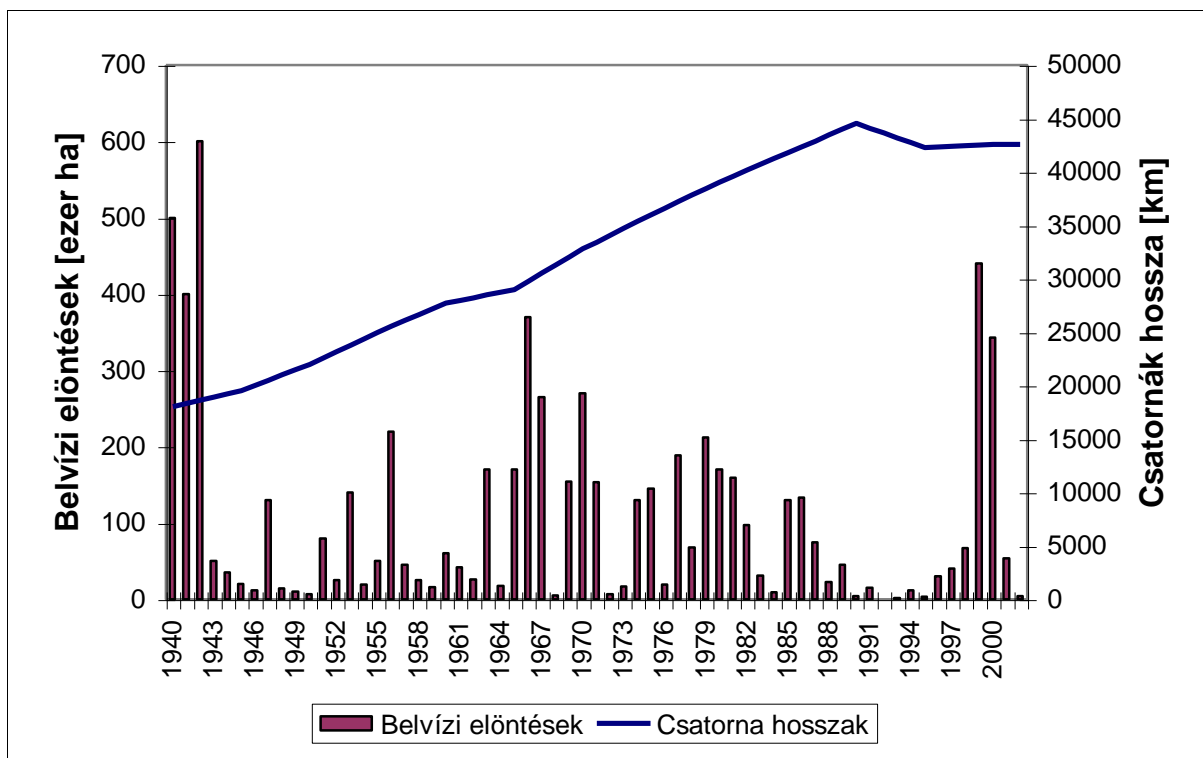
Az előbbieket összefoglalva – hagyományos értelemben – *belvíznek* nevezzük a sík területeken elöntéseket okozó, vagy a felszíni talajrétegeket telítő, természetes úton el nem távozó vizeket.

A belvizek kialakulásával kapcsolatban fontos kitérni a belvizek keletkezésének vertikális irányaira. Ezek szerint a belvizeket kialakító vizek érkehetnek „felülről”, illetve „alulról”. Ennek részletes ismertetését a 3. fejezet tartalmazza.

A hatékony belvízrendezés alapfeladata ezeknek a felesleges vizeknek olyan mértékű és ütemű levezetése, hogy a vízfeleslegek okozta károk minél kisebbre csökkenjenek. A belvizek károkat okoznak a mezőgazdasági termelésben és a területen lévő létesítményekben. A mezőgazdaságban keletkező károkat a következőképpen csoportosíthatjuk:

- az elárasztott területen lévő növényállományban okozott közvetlen károk,
- a talaj szerkezetében és összetételében okozott károk,
- a mezőgazdasági munkák késleltetésével okozott károk.

A belvízi elöntések gyakran nagy területi kiterjedéssel rendelkeznek. A belvízi elöntések által okozott károk elleni védekezések jelentős anyagi forrásokat igényeltek az elmúlt évtizedekben. A belvizek károkozásának csökkentésére végrehajtott beavatkozások a képződött belvízi elöntések szubjektív tényezők alapján meghatározott feltételek melletti elvezetését valósították meg. Kevéssé hangsúlyozták a belvíznek, mint természeti elemnek a jellemzőit, és a belvízkérdés kezelésénél sem a természeti tényezők, mint adottságok nyújtotta megoldási lehetőségeket helyezték előtérbe. Az alkalmazott belvíz mentesítési stratégia, jól illeszkedett a kitűzött célok eléréséhez, de nem fektetett kellő hangsúlyt a belvízi kritikus szituációk kialakulásának megelőzésére, így módon nem is tudott kielégítő eredményeket felmutatni a belvízi elöntések kialakulásának csökkentésében (*1. ábra*).



**1. ábra:** A belvízi elöntések és a belvízelvezető rendszerek csatornahosszáinak időszora (1940-2002)

A belvíz elleni védekezés magyarországi történetének dokumentált időszakában az elöntések maximális kiterjedése elérte a 600 000 hektárt (1942). Ezen kimagasló elöntési érték által jellemzett belvízkatasztrófa következtében indultak meg a belvíz elvezető rendszerek nagyarányú, összehangolt fejlesztései, mely egyrészt a belvíz-elvezető rendszerek hosszának növelését, másrészt azok elvezetési kapacitásainak növelését célozták. Az 1. ábra alapján megállapítható, hogy *mintegy ötven év alatt gyakorlatilag megduplázták az elvezető rendszerek méretét/kapacitását, mégis ezt követően is a valaha regisztrált maximális érték 2/3-át meghaladó belvízi elöntések alakultak ki (pl. 1999-ben 440 000 ha)*. Mindez indokolja, hogy új szemlélettel vizsgáljuk meg a belvizek kialakulásának feltételrendszerét, és ezek alapján tegyünk javaslatot a jövőben folytatandó hatékonyabb belvízkezelési módszerekre.

Az elmúlt ötven év során<sup>1</sup> a belvizek kialakulásához kapcsolódóan az általuk okozott károk csökkentését tartották elsődleges célnak, ennek ellenére a belvíz-elvezető rendszerek fejlesztése után is jelentős belvízi elöntések alakultak ki.

<sup>1</sup> Természetesen a vízrendezési munkálatok hosszabb időtávlatra tekintenek vissza. Takács és Füleky (2001) vizsgálatai szerint, az ország több térségében – Kisalföldön, Duna alföldi szakasza mentén, Tisza, illetve Körösök völgyében – olyan összefüggő árokrendszer nyomai lelhetők fel, melyek az Árpádkorban folytatott tudatos vízgazdálkodási tevékenységre utalnak.

Magyarország az Európai Unió tagjaként kötelezettséget vállalt az EU Keretirányelveinek végrehajtására. A vízgazdálkodás témakörét a Víz Keretirányelv (Water Framework Directive)<sup>2</sup> érinti. A Víz Keretirányelv célkitűzései szerint a vizek „jó ökológiai állapotának”, illetve „jó potenciáljának” elérését kell 2015-ig megvalósítani. A kitűzött célok eléréséhez szükséges feltételrendszereket a 2006-tól kezdődően elkészítendő vízgyűjtő-gazdálkodási tervek határozzák meg részletesen. Azonban már napjainkban is megállapítható, hogy a *belvíz kérdéskörének megközelítése a jövőben nem történhet kizárólagosan a kárelhárítás szempontjai, vagy a mezőgazdasági szempontok előtérbe helyezése szerint*, hanem a belvíz kérdéskörének komplex vizsgálata válik szükségessé. Nem lehet csupán a különböző feltételrendszerek közötti prioritás alkalmazása a cél, hanem minden helyzetben vizsgálni kell a többi feltételrendszer által reprezentált igényeket, hiszen a belvíz kérdéskörének komplex megközelítésével lehet csak a vízállapotok „fenntartható fejlődését” biztosítani.

Vizsgálataink azt mutatták, hogy a belvíz elleni hatékonyabb védekezés és a Víz Keretirányelv összhangba hozható egy a belvígazdálkodásra alapuló gyakorlattal, mely a belvizet nemcsak a kárelhárítási szempontokból, hanem vízkészlet-gazdálkodási és természetvédelmi szempontok alapján is értékeli, elemzi, hasznosítja.

A fenti bevezető alapján néhány kérdés megfogalmazása válik időszerűvé a belvízzel kapcsolatban.

*Vajon maradéktalanul helytállóak-e a belvizek képződését leíró elméletek?*

*Vajon a belvizek elvezetése, és az azt leíró elvek – mint a belvízelvezető hálózat méretezésének<sup>3</sup> peremfeltételei – illeszkednek a folyamat természetes jellegéhez?*

*A belvizek kialakulásában mekkora szerepet játszik a vízelvezető rendszerekre gyakorolt antropogén hatás?*

---

<sup>2</sup> A Víz Keret irányelvet az EU tagországok 2000. december 22-én fogadták el és helyezték hatályba. A keretjogszabály lényege, hogy a vízgazdálkodási feladatok területi egységeként a vízgyűjtőt kezelik. A vízgazdálkodási tevékenységek és a hidrológiai folyamatok összehangolása során elégíthetjük ki a vízzel kapcsolatban felmerülő igényeket. Az összehangolás térbeni és időbeni megvalósítása jelenti az integrált vízgazdálkodást. A vízgyűjtőn „a jó állapot”, „jó potenciál” mennyiségi és minőségi jellemzőinek fenntarthatóságát célozza meg.

<sup>3</sup> A belvízelvezető rendszerek méretezésénél az előre definiált hidrológiai peremfeltételek mellett a vízgyűjtőre megállapított fajlagos elvezetési kapacitással vezetik el a képződött belvíztömeget egyéb szempontok alapján meghatározott elvezetési idő alatt.

*Hogyan illeszkedik az Európai Unió Víz Keretirányelvének – mint a magyar vízgazdálkodás jövőjét alapvetően meghatározó alapidokumentumának – célkitűzéseihez az alföldi területeken végzett belvíz elvezetési/gazdálkodási gyakorlat?*

*Valóban nagy nehézségek árán közelíthetők-e egymáshoz a vízkárelhárítási, a vízkészlet-gazdálkodási, a vízgyűjtő-fejlesztési és a természetvédelmi elvárások a belvizek kérdéskörében?*

Szándékaim szerint, értekezésemben megkísérlek a feltett kérdésekre válaszokat adni, és javaslatot tenni a belvízzel kapcsolatos „konfliktusok” jövőbeli kezelésére.



## 2. A belvíz fogalomrendszere

A belvíz fogalomrendszere jól példázza, hogy a jelenség sajátos magyar (Kárpát-medencére jellemző) jelenség. Ennek döntően az oka az, hogy a belvízzel kapcsolatos tevékenység Magyarországon összekapcsolódott a XIX. századi ár- és belvízmentesítési munkálatokkal. Európában hasonló nagyságrendű vízszabályozási tevékenységek csak Hollandiában, illetve a Pó folyó völgyében történtek. A belvíz magyar kötődését példázza, hogy külföldi szakirodalma is döntően magyar szerzők külföldi publikációit tartalmazza. A külföldi publikációk hiányát jelzi, hogy a belvíz fogalmának angol (inland excess water), illetve német (polderwasser) megfelelője sem oly kifejező, mint a magyar.

A belvizek fogalmának meghatározására a szakirodalmi forrásokban, gyakorlatilag valamennyi a témával foglalkozó szerző tett kísérletet. *Pálfai (2001) átfogó feldolgozásában mintegy 50 meghatározást közölt a belvíz definiálására.* A meghatározások nagy száma és azok sokfélesége jól mutatja, hogy a jelenség definiálását sok esetben determinálta a megcélzott „felhasználói kör”. Alkottak definíciókat az agrotechnológiai szempontok alapján, csakúgy mint a „vízügyi”, vagy akár a közgazdasági megfontolások előtérbe helyezésével.

A belvíz legkorábbi meghatározása (Gazdasági Lapok 1856) szerint „E vizek, vagy oly földön gyűlnek össze, melynek alrétege a hó- és esővizet át nem bocsátja, vagy pedig ahol a földnek, a folyó felé kellő lejtőssége nincs, s a hó- és esővíz a magasabb helyekről az alantabb fekvőkre folyt...”.

A XIX. századi definíciók a hangsúlyt a belvízre, mint „lefolyás nélküli víztömegre” helyezték. Jól szemlélteti a korszak belvízzel kapcsolatos vélekedését Faragó (1889) meghatározása, mely szerint „Belvíz néven... mindazokat a vizeket értették, amelyek töltésekkel védett területeken csapadékból, szivárgásokból vagy fakadó vízből magukon a területeken keletkeznek...”. Hasonló tartalmú megfogalmazás alapján „...belvíznek nevezzük általában minden feneklő, vagy fölfakadó, egyes földterületeket időszakonként elborító kártékony vizet...” (Timon Béla 1893).

A XX. században publikált meghatározások szélesítették a fogalmi meghatározást. Például „... a belvíz valamely területre csapadék alakjában kerülő vagy magas talajvízállás esetén felszínre törő, vagy végül árvédelmi töltések közé fogott folyóknál árvíz idején a töltés alatt átszivárgó lefolyás nélküli vizek összessége” (Napkelet Lexikona 1927).

Salamin (1942) hiányosnak tartotta a belvíz megfogalmazásának szűkebb formáját. Az általa javasolt megfogalmazás szerint „belvíznek nevezzük ... a felületi vizeket származásra való tekintet nélkül és belvíznek nevezzük a termőtalaj vízbőségét, a magas talajvizet, ha a termelés akadályozva van”. Ez a megfogalmazás minden korábbinál bővebb értelmezését adja a belvíznek. Először nevezi belvíznek a termőtalaj káros, a mezőgazdasági termelést akadályozó vízbőségét is.

Kreybig (1956) agrotechnikai tárgyú könyvében a belvíz szó kerülése mellett tovább általánosítja a belvíz fogalmát. Megfogalmazása szerint „a fölös víz” okozta károsodások egyik lényeges hatása az, hogy a víz „a levegőt a talajból kiszorítja és ennek következtében a kultúrnövények fejlődését gátolja, a talajban folyó enyészeti átalakulásokat káros irányba tereli, és végül káros redukációs folyamatok által kémiaiilag rontja a talajt”.

Oroszlány (1965) megfogalmazása szemléletesen fejti ki a belvíz fogalmát, bemutatva annak terepi megjelenési útját is. „A csapadékból akkor keletkezik felszíni víz, ha a talaj nem tudja olyan sebességgel elnyelni az esőt, ahogyan az ráhull, mivel már telített, esetleg fagyott, és ezért képtelen több vizet befogadni. A talajba be nem szivárgó víz rövid helyszíni tározódás után mozgásba jön, s az esésvonal irányába folyva, a mély tereprészekben összegyűlik. A mély fekvésű területekre összefolyt nagyobb vízmennyiség a csapadék után sem tud időben a talajba szivárogni, károkat okoz.” A megfogalmazás jellemzője, hogy a belvíz fogalmába sorolja a megindult lefolyást is, mely vélekedés vitatható.

A belvíz általános megközelítését írja le Kienitz (1968). Megfogalmazása szerint a mezőgazdaság belvíz-problémája „nem korlátozódik a felszíni elöntések kérdéseire, hanem kiterjed arra a káros vízbőségre is, amely a talaj termőterében fellépett”. Ezért a belvízjelenség rendszervizsgálatánál a tározott vízmennyiség „a felszíni és a felszín alatti káros vízbőséggel kapcsolatos teljes vízmennyiséget jelenti, vagyis azt a vizet, aminek abból a térből, ahol károsnak minősül, el kell távoznia”.

A belvíz talajfizikai vonatkozásait hangsúlyozta – csakúgy, mint az előző három szerző –, Török (1976). Megfogalmazásában a belvíznek „...a sík területeken elöntéseket okozó, vagy a felszíni talajrétegeket teljesen telítő, természetes úton el nem távozó vizeket nevezzük”.

Salamin (1958) Mérnöki Kézikönyvben közölt megfogalmazása tartalmazza a belvizek típusait is. „Belvíz a síkvidéki vízgyűjtő egységben, annak felszínén és a hozzá kapcsolódó talajterben jelentkező felesleges víz. A közvetlenül csapadékból keletkező belvíznek, részben keletkezési körülményeitől, részben pedig kárt okozó hatásaitól függően három fő típusa van: a télvégi, a tenyészidőn belüli, valamint az őszi belvíz. Ezekhez járul még az egyéb belvizek csoportja.”

A Környezetvédelmi Lexikon (1993) definíciója alapján „a csapadékból, a megemelkedett talajvízszint miatt a feltörő talajvízből a mélyebb területeken felgyülemelő víz; sík vagy enyhe domborzatú vidéken a természetes helyi csapadéknak az a része, amelyet a talaj nem tud befogadni és a terület mélyebb, lefolyástalan részein összegyűlik, foltokat képez (pangó vizek). Csapadékos években – különösen hóolvadáskor – a belvízfoltok összefüggő vízborítássá fejlődnek és kialakul a belvízelöntés, melynek okai között lényeges a befogadóba való bejutást akadályozó árvízvédelmi töltés.”

A jelenség megfogalmazásának sokféleségét jól szemlélteti Török Imre György (1997) által közölt definíció, mely szerint a belvizek fogalmának meghatározására három nézőpontot javasol.

- *Műszaki definiálás*, mely szerint az összefüggő vízfoltok, elöntések kialakulása, a terepen tapasztalt vízmozgás, a vízelvezető rendszerekben a vízállások emelkedésével lehet a belvíz fogalmát meghatározni.
- *Biológiai definiálás*, mely alapvetően az agrártechnológiai szempontokat helyezi előtérbe. Eszerint akkor van belvíz, ha a vízborítás vagy a talaj vízzel való telítettsége a növényzet életfeltételeit nehezíti, végső esetben lehetetlenné teszi. A belvíz hatását talajadottságok és a növényi kultúrák fejlettsége határozza meg.
- *Közgazdasági definiálás* szerint akkor beszélünk belvízről, ha kár keletkezik, pontosabban amikor az elöntések vagy a talajtelítettség miatti termés kiesés meghaladja a belvízzel nem érintett területek többlet termésének értékét.

A megfogalmazásban megjelenik a belvíz által okozott gazdasági szempontból differenciált kár fogalomköre.

A belvíz fogalomkörének vizsgálata alapján megállapítható, hogy a fogalmi meghatározások fejlődése a belvíz területi megjelenésének leírásával kezdődően a XX. században egészült ki a talajfizikai állapotok vizsgálatával.

A rendelkezésre álló definíciók nagy száma arra utal, hogy a „konszenzusos” megfogalmazás még várat magára Ennek oka talán abban keresendő, hogy sok definíció nem a vizsgált jelenség természeti voltából adódó környezetben írta le a belvizet, hanem már a belvizek által okozott károkat és azok differenciálását helyezi előtérbe.

A természeti környezetet és a talajfizikai jellemzőket is szintetizáló javaslatom szerint: *a belvíz, a talaj olyan víztöbblete, mely egyrészt a talaj felső rétegeit – a levegő kiszorításával – kétfázisúvá teszi, másrészt nagy tömegben a terep lokális mélyedéseiben összefüggő, lefolyás nélküli szabad vízfelszínű elöntéseket eredményez.*

Abban az esetben amikor a belvíz kár-jellegéről, annak gazdasági vonzatairól beszélünk fontos megemlíteni, hogy a belvízi elöntések csak abban az esetben tekinthetők kárnak, amennyiben az általuk okozott gazdasági hátrány számszerűsíthető. Ezen megfontolás napjainkban a mezőgazdasági termelés és a termőterületek „átértékelése” során kerül előtérbe. A termőterületek értékének megváltozásával az azokon keletkező belvízkárok volumenének újradefiniálása prognosztizálható<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> A hazai agrárgazdaságban tapasztalható nagy különbségek miatt egyrészt az intenzív termelés alá vont területeken a rövidebb tartósságú, kisebb elöntések is okozhatnak nagy károkat, míg a kisebb (gazdaságilag gyengébb) földtulajdonok esetében a belvízkárok gazdasági kompenzációinak megszerzése jelentheti a földhöz kapcsolódó egyetlen bevételi forrást a tulajdonosnak.

### **3. A belvizek kialakulásának feltételei, a belvizek létrejöttének vertikális és horizontális útvonalai, a belvizek évszakosságának jellemzői**

A vízfeleslegek külső (meteorológiai) és a vizsgált vízgyűjtő helyi körülményeitől függő belső (domborzati, talajtani, növényzeti) tényezők együttes hatására lépnek fel.

Magyarország éghajlatát a csapadék és a párologtató-képesség viszonylagos kiegyenlítettsége jellemzi. A sokévi átlagértékeket összehasonlító ariditási tényező<sup>5</sup> az ország síkvidéki területein 1,0-1,4 között van. A csapadék és területi párolgás éven belül a következőképpen alakul: a téli félév során a csapadék meghaladja a párolgás értékét, ezért vízkészlet-felhalmozódási folyamat lép fel, míg a nyári félévben a párolgás magasabb értéke miatt készletfogyasztás jelentkezik. A csapadék és párolgás közötti időszakos eltéréseket a felső talajréteg tározó kapacitásának kell kiegyenlítenie. A nyári száraz időszak végén viszonylag száraz talajban kezdődik az őszi hónapok víztöbbletének visszatartása. A tavaszi hónapokra a talaj már telítődhet, ami a felszíni vízképződéshez vezet. Elősegíti ezt az a tény, hogy a téli félév második felének csapadéka hó alakjában általában hosszabb ideig a felszínen tározódik, és tavasszal viszonylag gyorsan olvad el. Tovább rontja a helyzetet, hogy a telített állapotban megfagyott talaj nem képes a felszínen jelentkező hólé befogadására.

Vízfeleslegek további sorsa elsősorban a talaj minőségétől függ. A felszíni víz a talajba szivároghat a talajvíz elérésére törekszik. A kötött és laza talajú területeken lejátszódó káros belvízi jelenségek különböző jellege miatt az eltérő talajminőségű területekre nem ugyanaz a külső meteorológiai helyzet a mértékadó. Kötött talajú területeken, ha a vízfeleslegek a talaj kitölthető hézagterefogatát meghaladják, mindig fellép felszíni víz. Homokos talajoknál az átlagos talajvízszin emelkedéséhez tartós, gyakran több egymás után következő évben jelentkező nedves időjárás szükséges. Hosszabb nedves periódus után azonban már átlagos nedvességű év is okozhat tavasszal belvízkárokat.

---

<sup>5</sup> A  $Po/C$  hányadossal jellemzett ariditási tényező a potenciális párolgás ( $Po$ ) és a csapadék ( $C$ ) értékek sokéves átlagának arányát fejezi ki.

A belvizek kialakulását tekintve három jellegzetes időszak különíthető el:

- a télvégi – tavaszi (december – április),
- a nyári (június – augusztus),
- az őszi (szeptember – november).

Mindegyik időszakban keletkező belvíz nagy károkat tud okozni.

A télvégi–tavaszi belvizek (2. kép) kialakulását megelőző felhalmozódási időszakban a vízgyűjtőn nagytömegű hó halmozódik fel. A gyors felmelegedés hatására meginduló hóolvadás következtében nagy mennyiségű folyékony víztömeg jelenik meg, melynek elszivárgását akadályozza a fagyott altalaj. Általában nagy tartósságú elöntéseket okoznak, az általuk okozott gazdasági kár egyrészt a belterületek veszélyeztetéséből, másrészt a tavaszi mezőgazdasági munkák akadályozásából adódik. Megjelenésüket rendszerint követi a tavaszi árvizes időszak.



**2. kép** Tavaszi belvízi elöntés (Tripolszky I. felvétele 1999)

A nyári belvizek (3. kép) a késő tavaszi, kora nyári csapadékokkal hatására keletkeznek. Ezen szituációkban az elöntések kialakulásában két peremfeltétel játszhat meghatározó szerepet. Egyrészt vagy a nagy intenzitású csapadéktevékenység következtében nem tud a talajba szivárogni a víz, és így jelennek meg elöntések, másrészt a hosszúidejű kis intenzitású csapadéktevékenység következtében telítődik a talaj felső rétege, és ennek hatására



keletkeznek elöntések. Ebben az időszakban keletkező belvizek általában kisebb tartósságúak azonban a mezőgazdasági kultúrákban jelentős károkat okoznak az előrehaladott vegetációs állapot miatt.



**3. kép** Nyári belvízi elöntés (Tripolszky I. felvétele 1999)

A belterületeken a nagy intenzitású, rövid idejű csapadékok okoznak károkat (*4. kép*), hiszen a belterületi elvezető rendszerek méretezési feltételei nem az ilyen csapadékok jellemzőit tartalmazzák. A belterületi csapadékvíz-elvezető rendszerek méretezésénél nem vehető alapfeltételként valamennyi (akár extrém intenzitással kísért) csapadék tározódás nélküli azonnal elvezetése, hiszen ez irreálisan nagy szelvényű elvezető csatornákat igényelne. Ezért a rendszerekben biztosítani kell a tározási lehetőségeket záportározók építésével, melyek a belterületi főbefogadók vízemésztő-képességének függvényében tározzák a nem levethető vizeket. Azon településeknél, ahol ilyen tározó terek nem állnak rendelkezésre, ott a települések területén elöntések jönnek létre a belterületi morfológiai adottságok függvényében.



**4. kép** Nyári belvízi elöntés belterületen (Tripolszky I. felvétele 1999)

Az őszi belvizek ritkán jelentkeznek, leginkább nagy intenzitású csapadéktevékenység hatására jönnek létre, s így okoznak elöntéseket.

Az előzőekben a belvizek kialakulásának természeti feltételeit ismertettük röviden (a természeti és antropogén tényezők hatásainak részletes elemzését a 4. fejezet tartalmazza) azonban a belvízi elöntések helyének kialakulásában döntő szerepet játszhatnak azok „útvonalai”.

A belvizek létrejöttének vizsgálata során a belvizek kialakulásának „útvonalai” vertikális és a horizontális útvonalakat jelenthetnek.

A vertikális út két „megközelítési irányt” reprezentál (Rakonczai et al. 2001). Az *összegyülekezési típusú* belvizek kialakulása a felszíntől kiindulva indul meg. Ebben az esetben a felszínre került vizek lefolyását, elszivárgását klimatikus, szemcseméreti vagy domborzati okok átmenetileg akadályozzák.



A vertikális megközelítés másik alternatívája, mikor a *feltörő, felszivargó* (réteg- vagy talajvíz eredetű) belvizek a Darcy-törvény<sup>6</sup> által meghatározottan a felszín alól, a felszín alatti vizek nyomásviszonyai alapján jutnak a talajra, és közvetlenül nem a felszíni csapadékból táplálkoznak (közvetetten azonban csapadék eredetük nem vitatható).

A horizontális irányban meg kell különböztetni a természetes lefolyás hatására létrejövő belvízi elöntéseket, és a belvízelvezető rendszereken gyakorolt vízkormányzási technikák következtében létrejött belvízi elöntéseket.

A természetes lefolyás során a lokálisan lefolyástalan területeken keletkezett elöntésekben tározott víztömegek – további vízmennyiség hozzáfolyásának hatására – megindulnak az alacsonyabban elhelyezkedő területek felé, és ott képeznek elöntéseket.

A belvízi elöntések létrejöttenek másik horizontális útja, amikor a belvízelvezető csatorna valamely kritikus helyét tehermentesítjük oly módon, hogy egy kevésbe érzékeny – esetlegesen előre meghatározott – területre kormányozzuk az elöntéseket okozó víztömegeket és azokat elöntés formájában tározzák (belvízi szükség- és vésztározás folyamata).

Megállapítható, *hogy amennyiben az elöntések kialakulásában megjelenik a horizontális áramlási irány, akkor már a belvíztömeg képződését kiváltó természeti tényezők hatása nem a végleges belvízi elöntés helyére vonatkoznak. A belvizek ilyen irányú kialakulása során az elöntések helyének kialakulását nem a természeti tényezők, hanem a víztömegek áramlási irányában – természetesen elhelyezkedő, vagy mesterségesen oda irányított – található mély fekvésű területek helyzete határozza meg.*

---

<sup>6</sup> A Darcy-törvény általános formulája  $v=f(i)$ , mely  $v=k \times i$ , vagyis a talajszemcsék közötti áramlási terekben a víz áramlási sebessége a talaj típusától függő „k” vízáteresztőképességi együtthatóval egyenesen arányos.

## 4. A belvizek megjelenésének természeti és antropogén tényezői

A belvízi veszélyeztetettséget meghatározó, illetve befolyásoló tényezőket eredetük alapján két fő csoportba oszthatjuk. Az egyik csoportba a természetes eredetű *természeti tényezők* a másikba az emberei tevékenység hatására létrejött *antropogén tényezők* tartoznak.

### 4.1. Természeti tényezők

A belvízi jelenség kialakulását befolyásoló természeti tényezők az alábbiak:

- Meteorológiai tényezők: hőmérséklet, csapadék,
- Domborzat: tengerszint feletti magasság, a terület tagoltsága, konvexitás,
- Talaj: vízáteresztő képesség (infiltráció), szerkezet, tározóképesség, fizikai féleség,
- Hidrogeológia: a talajvíz mélysége, ingadozása,
- Földtani adottságok: talajképző kőzet, vízzáró réteg előfordulása.

A fenti tényezők szerepére vonatkozó – általam feldolgozott – szakirodalmi háttér az alábbiakban foglalható össze.

#### ***Meteorológiai tényezők: hőmérséklet, csapadék***

A meteorológiai tényezők meghatározó hatással vannak a belvizek képződésére. Egyrészt a belvizek kialakulását megelőző felhalmozódási időszakban a víztömegek akkumulációját segítik elő, másrészt a belvizek tartósságára gyakorolnak hatást a csapadék-utánpótlás biztosítása révén, illetve a hőmérsékleti viszonyok párolgásra gyakorolt hatásával a belvízi elöntések területét szabályozzák.

Az éghajlati tényezők határozzák meg a belvizek kialakulásának kiindulási feltételeit is. Csapadékos és hűvös éghajlat alatt – egyébként azonos körülmények között – nyilvánvalóan több csapadék képződik, mint a száraz-meleg klíma övezetekben, ami elősegíti a belvizek kialakulását.

A különböző területek csapadékviszonyaiban tapasztalt eltéréseket Schmidt (1929) kisebb mértékben eredezteti a szárazföldi párolgásból. Vizsgálatai alapján megállapítja, hogy „valamely vidék csapadékjárását a tenger felől jövő paradús légáramlatok szabályozzák”.

A csapadékbőséget jelentő humid és a csapadékhiányos arid évek meghatározzák a belvízhez kapcsolódó események kialakulását. Péczely (1979) szerint az Alföld délkeleti részén 1931 – 1977 közötti időszakban a humid évek előfordulási gyakorisága 20 %-os volt. Ezekben az években a nyári félévben is lehetett számítani a talaj víztelítettségére.

A belvízi elöntések kialakulása által okozott károkat közvetett és közvetlen módon is befolyásolhatják a hőmérsékleti viszonyok. Közvetlen módon a csapadék halmazállapotát, illetve az olvadási viszonyokat határozzák meg. A közvetett hatásra ismertet példát Kreybig (1953), aki vizsgálatai alapján megállapítja, hogy a növényállományok a hólét, illetve az álló hideg vizet jobban elviselik, mint a melegebb vizet. Ezeket a megállapításokat később Szalóki (1967), illetve Petrasovits és Vajdai (1982) is megerősítik őszi búza és lucerna állományokkal folytatott kísérleti eredményei<sup>7</sup> alapján.

A meteorológiai adottságok közül a szél hatása a párolgás intenzívebbé tételében játszik szerepet. Az intenzív párolgás révén a belvízben tározott víztömeg csökken. A gyakori szelek csökkenthetik a belvízi elöntések által okozott károkat, a szeles területeken. Keveiné – Mezősi (1992) megállapították, hogy az ország egyik legszelesebb vidéke Ásotthalom – Szeged – Orosháza – Békéscsaba körzete<sup>8</sup>. Ebben a térségben számítani lehet szélerózió kialakulásával a kora tavaszi hónapokban is (március, április, május).

### ***Domborzat: tengerszint feletti magasság, a terület tagoltsága, konvexitás***

A domborzati adottságok a belvízképződés meghatározó tényezői. Belvizek csak sík vidéken keletkeznek, ott, ahol a vizek szabad és gyors lefolyását a terep kis esése nem teszi lehetővé.

A belvíz leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben a környezetüknél alacsonyabb fekvésű, katlanszerű, többé-kevésbé lefolyástalan területeken, az ún. laposokban gyülemlik össze. A magasabb területekről ide folynak az ott beszivárogni már nem tudó felszíni vizek.

Az elöntések kialakulását elősegíti, hogy a mélyfekvésű területek talaja – éppen a morfológiai adottságokból eredően – rendszerint tömöttebb, rosszabb vízbefogadó-képességű, és itt a

---

<sup>7</sup> Az elöntött állományok kipusztulási százaléka, majd a megmaradt állomány kalászhossza, kalászszáma, illetve a lucerna hajtásszáma a lég- és vízhőmérséklet 5–20 °C-ra emelkedése mellett negatív tendenciájú változást mutatott.

<sup>8</sup> A szélcsend gyakorisága Békéscsaba körzetében 7,2 %-os, Orosháza környékén 6,9 %-os, Szeged körzetében 5,3 %-os. Ezek az értékek rendkívül alacsonynak számítanak, különösen, ha Jászberény 22,3 %-os, vagy Túrkeve 16,3 %-os értékeit vesszük alapul.

talajvíz is közelebb van a felszínhez, tehát nedvesebb talajállapotok uralkodnak, így a talaj telítődése hamar bekövetkezik.

A domborzati adottságok a belvíz kialakulása szempontjából döntő tényezők Pálfai (1994). A mély fekvésű területek eleve hátrányos helyzetűnek tekinthető, hiszen a rendszeres összegyülekezés miatt a talaj eleve tömődöttebb.

Thyll és Bíró (1999) szerint a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságú állapotok kialakulása és a konvexitás kapcsolata  $r=0,73$  korrelációs tényezővel jellemezhető, ami a kapcsolat szoros jellegére utal.

A lejtési helyzetnek a talajok hőgazdálkodása szempontjából van szerepe Dvoracek (1957) szerint. A lejtési helyzetből adódó különbség ősszel, télen és tavasszal jobban érvényesül, mint nyáron. Ennek tavasszal van a legnagyobb jelentősége, mivel a lejtő irányától függően alakul ki a talaj felmelegedése.

#### ***Talaj: vízáteresztő képesség (infiltráció), szerkezet, tározó képesség, fizikai féleség***

A talajtani tényezők szerepe döntően a talaj vízbefogadó-képességében tükröződik, mint a belvízképződés fontos befolyásoló tényezője. Minél nagyobb a talaj szabad hézagterfogata, annál több vizet képes befogadni Pálfai (1994). Ilyen szempontból legkedvezőbbek a vastag termőrétegű közép-kötött vályogtalajok, illetve a laza homoktalajok, legkedvezőtlenebbek az erősen kötött agyagtalajok és a szikesek. Endrédy (1942) megállapítja, hogy Magyarországon a szikesedés alapvetői okai között található a lefolyástalanság, illetve a talajvízben oldott magas sótartalom. Tehát a szikesek kialakulására gyakorolt kedvezőtlen hatása révén a belvizek „későbbi” belvízi elöntések kialakulását segítik elő.

Az elöntések kialakulása szempontjából fontos körülmény – különösen a heves nyári záporokra gondolva –, hogy a talaj milyen sebességgel képes a vizet a mélyebb rétegeibe vezetni, ugyanis ha a talaj víznyelő-, illetve vízvezető-képessége kisebb, mint a csapadék intenzitása, az ugyancsak felszíni vízborításhoz, belvízi elöntéshez vezet.

A talajoknál állandó vízpótlás mellett Klimens-Szmik (1957) vizsgálatai alapján négy réteg különíthető el:

1. a telített (felszíni 1-1,5 cm-es) réteg – talajtípustól gyakorlatilag független,
2. (kezdetben átnedvesedő), majd vízáteresztő réteg – talajtípustól függően szélesedik,

3. átnedvesedési réteg – melynek vastagsága mélységi irányban nő,
4. határ réteg – melynek víztartalma talajtípustól gyakorlatilag független, általában a minimális kapacitásig telített.

A szerző megállapítja, hogy a felső talajréteg vízáteresztése szabja meg, hogy a talajra hulló esőből, záporból vagy a talaj felszínén elolvadt hóból a talaj mennyit vesz magába, és mennyi marad a felületi elöntésre – elfolyásra. Felhívja a figyelmet arra, hogy bármely talaj vízáteresztését a beáztatott szelvény legköztöttebb rétegének viselkedése határozza meg.

A talajok vízáteresztése szorosan összefügg a mechanikai összetétellel. A fő fizikai féleségek (homok, por, agyag) vízzel szembeni viselkedésük, vízáteresztés és a szerkezet kialakításában játszott szerepük szerint egymástól jelentősen különböznek. A homok frakció – előfordulása arányában – a vízáteresztést növeli, az iszap és agyag frakció tömődöttségi hajlamot kölcsönzi az adott talajnak. Ezen megfontolás alapján a laza homoktalajok a legkevésbé veszélyeztetettek. Azt azonban, hogy ez mennyire viszonylagos, jól mutatják az 1999 nyarán tapasztalt intenzív csapadéktevékenység hatására a homoktalajokon bekövetkezett jelentős belvízi elöntések!

A talaj rétegezettsége úgyszintén figyelmet érdemlő tényező. Kedvezőtlen, ha lefelé haladva csökken a vízbefogadó-képesség és a vízvezető-képesség. A Duna-Tisza közén többféle mészkőpadok, a Tiszántúlon pedig a mélyben sós talajrétegek rekesztik meg a fölülről lefelé szivárgó vizet.

Thyll és Bíró (1999) vizsgálatai alapján a kedvezőtlen vízgazdálkodási helyzetek térbeli kialakulásának gyakorisága és a talaj szivárgási tényezője között  $r=-0,56$  korrelációs tényező határozható meg. Ez azt mutatja, hogy minél jobb a talaj szivárgási tényezője, annál kisebb valószínűséggel alakulnak ki kedvezőtlen vízgazdálkodási szituációk.

A talajok fizikai paraméterei alapján (szabadföldi vízkapacitás, holtvíztartalom, hasznosítható vízkészlet, víznyelés sebessége, talaj hidraulikus vezetőképessége) a magyarországi talajokat kilenc kategóriába sorolta Várallyai et al. (1980). Mérései szerint kedvezőtlen vízgazdálkodási helyzetek kialakulásának veszélye az ország területének mintegy 11 %-án nagy.

### ***Hidrogeológia: talajvíz mélysége, ingadozása***

A talajvíz vertikális elhelyezkedése befolyásolhatja a felszínen összegyűlt vizek vízszintes irányú mozgását. A megemelkedett talajvíz megakadályozhatja a felszíni víz beszivárgását a mélyebb rétegek felé. A talajvíz szerepének vizsgálatakor azonban meg kell jegyezni, hogy a talajvízszintek csapadékviszonyoktól való függetlensége sok területen megkérdőjelezhető, ezáltal a talajvízszint elhelyezkedésének belvízre gyakorolt hatásainak vizsgálatakor körültekintéssel kell eljárni.

A belvízi jelenségek kialakulásának vizsgálatakor meghatározó lehet a tavaszi talajvízállás, melyet Bogárdi (1953) alapján: a tárgyévot megelőző őszi minimális talajvízállás; a december-március havi csapadékösszeg; illetve a december-február havi átlagos léghőmérséklet determinál.

Kovács (1972) alapján a talajvíztükör szintje két változással jellemezhető, egyrészt szezonális, ami lehet napi és (kifejezettebben) havi és évi, másrészt hosszabb időszakot átfogó (Rónai 1956 szerint 14-16 év) emelkedés és süllyedés. (A napi talajvízszint változásra az éjszakai maximum illetve a nappali minimum a jellemző – állítja Rónai 1956)<sup>9</sup>.

Egy éves periódust vizsgálva a talajvízgörbe lefutását a tápláló és megcsapoló hatások vezérlik. Maximum értékek Magyarországon jellemzően március és április hónapra esnek, a minimum érték ezt hat hónap múlva (szeptember-október) követi, az átlagos értékek rendszerint június-július hónapban, illetve december-január hónapban jelentkeznek. A szélső értékek nagysága függ a talajvíz mélységétől.

A talajvíztükör térbeli elhelyezkedése túlnyúlik a felszíni vízgyűjtőhatárokon. Hartyányi (1974) vizsgálatai alapján nem mutatkozott összefüggés a Kondoros-völgyi minta belvízgyűjtő adott helyszínén mért talajvízszint, a lehullott csapadék mennyiség, valamint a különböző mélységben mért talajnedvesség tartalom között. Lehetségesnek tartja hogy, a mintavízgyűjtő talajvízviszonyaira távolabbi területeken lehullott csapadékból származó nyomáshullám gyakorol számottevő hatást. A megállapítást igazolták Oroszlány (1982) kísérletei, melyek során a Kondoros-völgyi és a Mirhó-Gyolcsi öblözetekben a csapadék és a talajvízjárás között megbízható összefüggést nem tudott kimutatni. (A jelenség magyarázata a

---

<sup>9</sup> Ubell (1954,1955) a talajvíz napi ingadozását légnyomás és hőmérsékletváltozással, harmatképzéssel, valamint a transzspiráció érvényesülésével magyarázza. A havi ingadozást a holdjárással hozza kapcsolatba. Legjellemzőbbnek az ingadozás évi ütemét tartja.

Maros hordalékkúpján tapasztalható talajvízjárési sajátosságokkal magyarázható.) A Kömpöci (homokhátsági, jól áteresztő fedőrétegű) öblözetben viszont hatékonyan kiemelte az őszi csapadékok meghatározó szerepét.

Thyll és Bíró (1999), a kedvezőtlen vízgazdálkodási állapot, valamint az 5%-os valószínűségű talajvízszint térbeli elhelyezkedésének gyakorisága között  $r=0,63$  összefüggést mutattak ki. Megállapításuk alapján a magas talajvízszintek hozzájárulnak a belvízi jelenségek kialakulásához.

### ***Földtani és geomorfológiai adottságok: talajképző kőzet, vízzáró réteg előfordulása***

A földtani tényezők kapcsolatban vannak a talajtaniakkal, állapítja meg Pálfai (1994) (a talajok legalsó, ún. C-szintjét lényegében a talajképző kőzet alkotja), mégis tovább bonyolítják azt a változatos, tarka képet, ami a talajterképekről élénk tárul. A sekélyföldtani adottságok – a domborzati viszonyokkal összefüggésben – regionális méretekben szabják meg a talajba jutó víz további sorsát, a talajvíz elhelyezkedését és mozgását, esetleg időszakos felszínre törését. A földtani adottságok közül nagyon fontos pl. a rétegek vízáteresztő-, illetőleg vízzáró képessége. Sümeghy (1954) megállapítja, hogy Magyarországon a csapadékvíz összegyűjtésében, elvezetésében a felszín közeli elhelyezkedésű pleisztocén rétegeknek van a legfontosabb szerepe.

Sajátos földtani és domborzati adottságúak az elhagyott egykori folyómedrek, amelyekben hamar megjelenik a belvíz. A jelenség egyik megjelenési formáját írja le Hartyányi (1974). Megállapította, hogy az 1965-67-es években a Maros hordalékkúp körzetében a homokos részekben beszivárgott víz az elhagyott medrekben, illetve a magasabban fekvő területekről tovaterjedt és ennek következtében kialakult nyomáshullám révén a körzet számos talajvíz kútjában a talajvízszint megemelkedett. Újabb talajvíz kutak létesítésével a nyomáshullám tovaterjedését a Kondoros-völgyi mintavízgyűjtő, valamint Békés és Csongrád más területein is bizonyítani tudta.

Az elhagyott folyómedrekben Baukó et al. (1981) szerint, a Dél-Alföldön a felszín közelében mindenütt jó vízvezető képességű durvább szemcséjű üledékek találhatók. Magas talajvíz esetén ezeknél a felszínen könnyen megjelenik a víz, és akadálytalanul megindulhat annak horizontális áramlása. Megállapítják, hogy a vizsgált térség felszíni formáinak jelentő részét is a folyóvizek munkája hozta létre. A felszínfejlődés legkedvezőtlenebb formája az volt, amikor

nem alakult ki határozott folyási irány azoknál a mellékágaknál, amelyek a Maros jelenlegi helyre kerülésével még vizet tartalmaztak. A legtipikusabb példa erre a Maros hordalékkúp központi részén elhelyezkedő Nagykamarás térsége, ahol az egyes mederrendszerek keresztezik egymást.

Pálfai (1994) szerint, alföldi viszonylatban az egymást horizontálisan szabálytalanul váltó, eltérő vízáteresztő képességgel rendelkező rétegek, illetve a hátrányos vízföldtani adottságokkal rendelkező elhagyott folyómedrek előfordulása gyakori.

A fenti szerzők alapján megállapítható, hogy az egykori folyó és vízfolyás medrek szerepe meghatározó a felszín közeli áramlások kialakulásában. Ezek mentén a távolabbi területekre hullott csapadékok, vagy esetlegesen a folyókból kiinduló áramlások következtében is megjelenhet a talajvíz, esetlegesen elöntések is keletkezhetnek.

Szanyi (2002) megállapítja, hogy Battonya és Pusztaföldvár körzetében a neogén aljzat csak 1500 m mélyen, máshol a Dél-Alföldön eléri a 6000-6500 m-t. A felszín alatti vízáramlási rendszerek gravitációs és kompressziós nyomások hatása alatt állnak. A nyomás következtében megindulhatnak a felszín felé irányuló áramlások, melyek következtében „feltörő, felszivárgó belvizek” alakulhatnak ki.

A geomorfológiai adottságok között ki kell térni azokra, melyek időszakos jelleggel gyakorolnak hatást a belvizek kialakulására. Ilyen ideiglenes hatásokat okozhatnak például a belvíz elevezető csatornában felhalmozódott és ott lefolyási akadályt képező hótömegek. Szintén ideiglenes jelleggel fejti ki hatását a jég, egyrészt jégtáblák formájában a csatornában felhalmozódva képeznek lefolyási akadályt. Másrészt a belvízlevezető csatornák felszínének befagyása a csatorna súrlódási tényezőjének megváltozását eredményezve csökkenti a csatorna elvezetési kapacitását. A vízlevezetés gyakorlatilag meg is szűnhet abban az esetben, amikor a csatorna teljes szelvényében befagy.

#### **4.2. Antropogén tényezők**

A belvízi jelenség kialakulását befolyásoló antropogén tényezők az alábbiak:

- vízrendezés: belvíz-csatornázottság, melioráltság,
- földművelés: öntözés, agrotechnika, termesztett növény típusa,
- beépítettség változása, belterületek növekedése.



### ***Vízrendeztettség: melioráltság***

A vízrendezés és meliorációs munkák számottevően módosítják a belvízképződés feltételeit, hiszen e célból végzik ezeket. A belvízcsatornák hálózata – szükség szerint szivattyútelepekkel és tározókkal kiegészítve – lehetőséget nyújt a belvizek folyamatos elvezetésére, így megakadályozható azok túlzott fölszaporodása, kiterülése. A kémiai és a fizikai talajjavítás, valamint a talajcsövezés növeli a talaj vízbefogadó-képességét, s így csökkenti a belvízveszélyt.

A talajcsövezés, a tereprendezés és az alsórendű csatornahálózat sűrítése lehetővé teszi a pangó vizek elvezetését. A belvízrendszerek főműveinek teljesítőképessége a belvízi elöntések nagyságát kevésbé, inkább azok tartósságát befolyásolja.

Kreybig (1953), az alábbi síkvidéki talajok hasznosíthatóságát növelő eljárásokat sorolja fel: egyenlőtlen területek elrónázása, vizenyős területek alagsövekkel, illetve árkokkal való lecsapolása, meszezés könnyen bomló szerves anyag jelenlétében, szikesek javítása, fásítás.

A belvizek elvezetése, meghatározóan az emberi tevékenység által létesített – és megfelelő elvezetés kapacitásokkal rendelkező – vízelvezető rendszerrel történik. Az elvezetési rendszerek létesítésekor az elöntéssel érintett növényvegetáció fejlődési fokától tették függővé a kiépítendő rendszerek teljesítőképességét. A rendszerek kiépítését általában a domborzati adottságokhoz igazodva végezték. A rendszerek kiépítésekor feltételezték, hogy a vízelvezető rendszer – különböző kezelésben lévő – elemeinek teljesítőképessége biztosítva lesz, és fenntartottsági állapotuk igazodik egymáshoz. Napjainkban a tulajdonviszonyok átalakulásával a rendszer elemeinek teljesítőképessége inhomogénné vált. Baukó et al. (1981) a Dél-Alföld térségében az 1979 évi belvizek kapcsán azt tapasztalták, hogy a különböző célból épített (vasúti és közúti) töltések megfelelő átereszek hiányában, illetve a meglévő átereszek elszennyeződése miatt akadályozták a felszíni összegyűlt vizek befogadóba jutását. A csatornahálózat tervezési hiányosságai, alacsony fokú kiépítettsége és karbantartási hiányosságai ugyancsak hátráltatták a kedvezőtlen állapotok megszűnését.

Napjainkban a belvízelvezető rendszerek vízelvezető képessége sokszor a töredéke csak a nyilvántartott értéknek, a folyamatos karbantartási munkálatok elmaradása miatt.

A belvízelvezető rendszerekkel kapcsolatosan Forgóné Nemcsis M. (2000) szerint, a megváltozott tulajdonviszonyok miatt az egyes belvíz öblözeteken belül megváltoztak a levezetési prioritások. A tervezési időszakban megfogalmazott vízelvezetési igények megváltoztak a tulajdonosi szerkezet megváltozásával. A vízelvezető rendszerek felülvizsgálatát már a megváltozott igények tükrében kell elvégezni.

A megépített vízelvezető rendszerekkel kapcsolatban Tóth (1961) – korának gyakorlatától eltérően – megjegyzi, hogy az aktív vízgazdálkodással összeegyeztethető elképzelés szerint, a csapadékvizet nem elvezetni kell, hanem azzal okszerűen gazdálkodni. Az alapelv lényege az, hogy a novembertől áprilisig hullott csapadék egy részét fel kell fogni, majd a szükségleteknek megfelelően hasznosítani, s csak a fölösleges vizet kell elvezetni.

A magyarországi belvízelvezető rendszerek jellemzője az OVF (2000) tájékoztatója szerint, hogy Magyarországon síkvidéki területein működő 85 belvízrendszer kiépítettsége 10-78 l/sec/km<sup>2</sup> között változik, a súlyozott területi átlag 27,2 l/sec/km<sup>2</sup>, ami nem éri el az 1961-ben betervezett 30-40 l/sec/km<sup>2</sup> értéket. A rendszerek megfelelő működése következtében az átlagosan 10 évenként előforduló extrém nedvesség viszonyokat 10 nap alatt meg lehet szüntetni. Az 1943-2000 közötti időszakban mindössze három év volt olyan, hogy nem kellett gondoskodni a fölös vizek elvezetéséről. A tájékoztató – hivatalosan is – megállapítja, hogy a mederkarbantartási munkák (kaszálás, föliszapolódás megszüntetése) sorozatosan hiányos teljesítése a védképesség csökkenésével jár.

A belvízelvezető rendszereknél fontos megemlíteni, hogy a rendszerek helyszínrajzi kialakításán túl, a belvizek kialakulására feltételezhetően hatással vannak a vízelvezető rendszer működtetése során alkalmazott vízkormányzási gyakorlatok. A vízkormányzási gyakorlat alapelve volt, a belvizek lehető legrövidebb idő alatti elvezetése. Az ilyen „antropogén” behatással végzett vízkormányzási eljárás hatékonyságának alapfeltétele, hogy a vízelvezető hálózat valamennyi eleme rendelkezzen a hozzá társított vízelvezetési kapacitással. Amennyiben azon bármely elem nem tudja teljesíteni az elvárt kapacitást, a rendszer egészében „zavar” – belvízi elöntés keletkezik. A jelenség részletes vizsgálatával 6. fejezetben foglalkozunk.

Csatári et al (2001) szerint, a nagy kárt okozó kedvezőtlen vízgazdálkodási helyzetek közül a káros vízbőség a Tisza völgy területén több tényező eredőjeként alakul ki, ezek közé tartozik:

- a mély fekvésű területek szántóként való hasznosítása,
- a kiépült csatornahálózat szakszerűtlen használata, pl: karbantartási hiányosságok (5. kép),
- a csatornahálózat számos helyen végrehajtott feltöltése, beszántása.



**5. kép** Karbantartás elmaradása külterületi belvízcsatornán (Tripolszky I. felvétele 1999)

### ***Földművelés: öntözés, agrotechnológia***

A vízháztartási viszonyokat megváltoztatják a közvetlen környezetükben létesített tározók, öntözőcsatornák és minden olyan létesítmény, amelyből elszivárog a víz.

Az öntözés hatásaira vonatkozóan a tapasztalatok megoszlanak. Több esetben is valószínűsítették, hogy az öntözés során a talajba bejutatott vízmennyiség hozzájárulhat a belvízi jelenségek kialakulásához. A tapasztalatok alapján megállapítható, hogy amennyiben az öntözési tevékenység során igazodnak az öntözendő kultúra vízigényeihez, és biztosítják a talaj megfelelő tápanyag utánpótlásával az „egyensúlyi állapothoz tartozó” kémiai jelleg megőrzését, akkor az öntözés nem növeli a belvízi szituációk kialakulásának kockázatát.

A talajvíz vagy azzal szorosan összefüggő rétegvíz túlzott kitermelése, esetlegesen a talajvízszint tartós süllyedését, így a belvizek gyakoriságának csökkenését is előidézhetheti.

Az intenzív agrotechnológiai módszerek megfelelő alkalmazása következtében a talaj víztározó-képességének növelését eredményezheti. Ez akár a belvizek kialakulásának csökkenését is indukálhatja.

### ***Beépítettség változása, belterületek növekedése***

A beépített területek növekedése döntően a belterületeken tapasztalható, illetve hasonló jelenségek tapasztalhatók a szilárd burkolatú útpályák hosszának megnövekedésével az utak mellett is. A beépítettség, illetve a burkolt felületek nagyságának növekedésével az összegyülekezés és a lefolyás gyorsabbá vált. Ily módon – még azokon a területeken is ahol az eddigiekben nem voltak problémák a belvizek elevezetésével – a gyorsabb összegyülekezés miatt jelentős vízelvezetési problémák adódtak.

A települések belterületén – a szennyvíz- és csapadékvíz-elvezető hálózat hiányában – elsikkasztott csapadék- és szennyvizek növelik a talaj nedvességtartását. Tartósan megemelik a talajvíz szintjét, ezáltal elősegítik a talaj túltelítődését és a felszíni vízborítások kialakulását.

Baukó et al. (1981) megállapítják, hogy a Dél-Alföld térségében az 1979 évi belvizek kapcsán szerzett tapasztalatok szerint a települések terjeszkedése során számos esetben nem vették figyelembe a hidrogeológiai adottságokat. A nem kellő körültekintéssel végzett fejlesztések következtében a belterületeken is jelentős belvízi eredetű elöntéseket tapasztaltak. Hasonló folyamat volt észlelhető az 1999–2000 közötti belvízi időszakban is több alföldi településen<sup>10</sup>. Mórahalom, Sándorfalva, Tótkomlós, Kistelek, Domaszék, Szeged, Hunya<sup>11</sup> esetében olyan területeken alakítottak lakótelkeket, illetve építettek házakat, amelyek adottságai a belvizek képződése szempontjából hátrányosak voltak (6. kép).

---

<sup>10</sup> A hivatkozott időszakban az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság védekezési tapasztalatai alapján.

<sup>11</sup> A 2004. évben Szarvason megrendezett „Földárja - konferencia” hozzászólásai alapján.



**6. kép** Belvízi elöntés belterületen (Tripolszky I. felvétele 1999)

Ezek a területek csak rendkívüli védekezési munkák árán lehetett az ottani értékeket, gazdasági javakat megóvni. Sajnálatosan ezek területek megóvásához szükséges beavatkozások értéke jelentősen meghaladja a helyi önkormányzat és a lakosság teherviselő képességét, illetve az illetékes Önkormányzatok döntési kompetenciáját<sup>12</sup>. Az ilyen problémák többnyire megelőzhetők lettek volna, ha a területhasználat kialakítása során figyelembe vették volna a természeti adottságokat. Ezen településeken a területek hasznosítását tartalmazó terveket általában a kiemelten aszályos időszakban határozták meg.

---

<sup>12</sup> 1999-ben Hunya községben három lakóház elbontásával meg lehetett volna szüntetni a faluban elöntéseket okozó lefolyási akadályt, de ennek anyagi kockázatát az illetékes önkormányzat nem merte felvállalni.



## **5. A belvíz veszélyeztetettség fogalma és területi ábrázolása**

Azt, hogy egy adott térségben ténylegesen keletkezik-e belvíz, és az mekkora kiterjedésű lesz, egyrészt az előzőekben tárgyalt természeti és antropogén tényezők – mint időben állandó adottság – függvénye, másrészt a mindenkori körülmények (a csapadék- és hőmérsékleti viszonyok), az ezek nyomán változó talajvízszín, továbbá a talaj „pillanatnyi” agrotechnikai állapota és a belvízvédekezés hatékonysága szabják meg.

Tehát a belvízi veszélyeztetettség fogalmát meg kell különböztetnünk a tényleges belvízveszélytől. A tényleges belvízveszély a belvízi veszélyeztetettségtől nem független, de időben nagy szélsőségek között ingadozhat. A kialakult belvízborítást előidéző időjárási körülmények regionális méretekben általában nagy területi egyenlőtlenséget mutatnak, ezért a tényleges belvízi elöntés kisebb, mint a belvízzel veszélyeztetett teljes terület. Meg kell említeni továbbá, hogy a belvízvédekezés során alkalmazott vízkormányzási eljárások is hatással vannak az elöntések kialakulására.

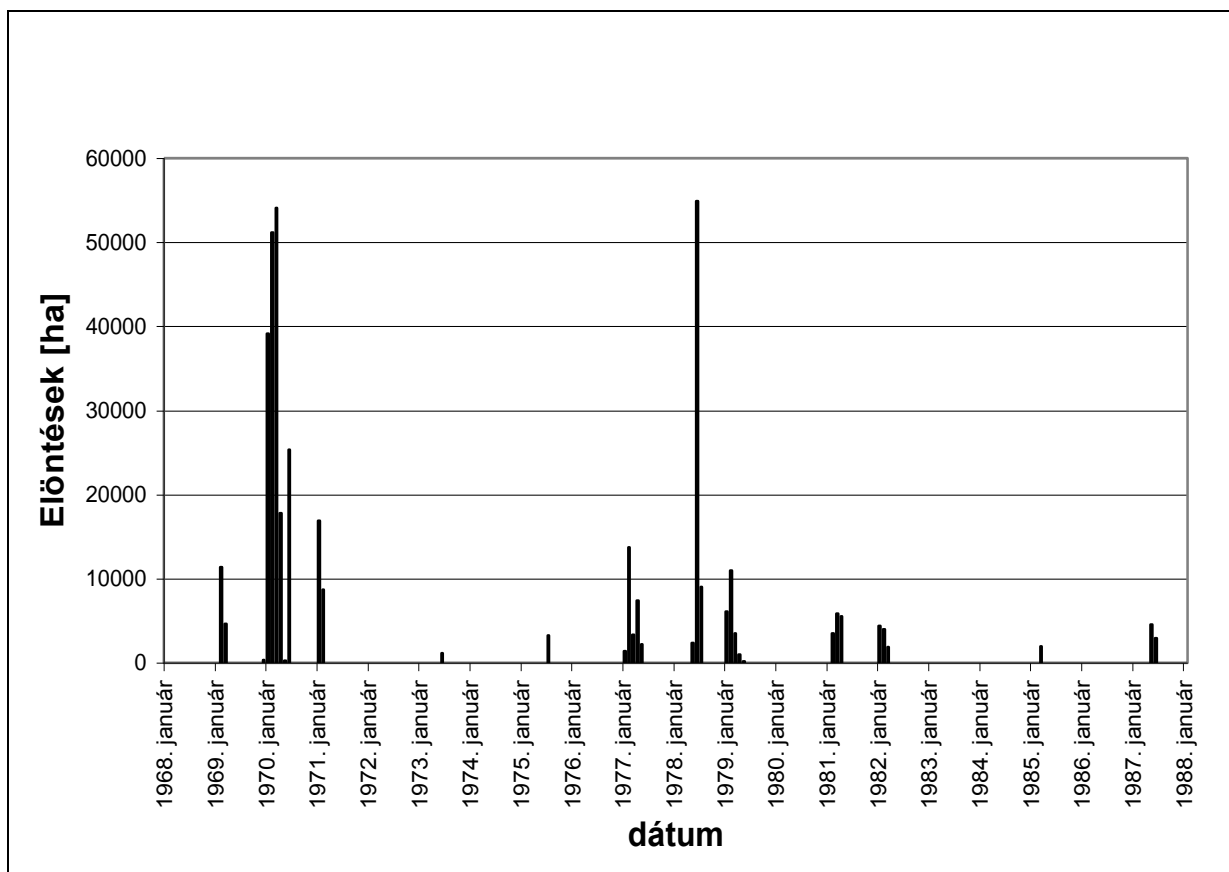
### **5.1. A belvízi elöntés időbeli változása**

A belvíz időszakos jelenség. A belvíz keletkezésének időszakától függően változik az elöntések nagyságának időbeni változása is.

Az elöntések legnagyobb gyakorisággal a téli–kora tavaszi hónapokban, a hóolvadás időszakában alakulnak ki. Az elöntött terület – az olvadás intenzitásától és az esetleges olvasztó eső mennyiségétől függően – már néhány napon belül elérheti a csúcspontot, amelyet azután lassú, több hétig, vagy hónapig elhúzódó apadás követ. A belvízképződés több hullámban is megismétlődhet, az elöntések fölhalmozódhatnak, esetlegesen a korábbi elöntési maximumokat meghaladó csúcspontok alakulhatnak ki.

A nyári belvíz jóval ritkább, mint a téli–tavaszi, az elöntött terület pedig általában kisebb, viszont a fajlagos (területegységre vonatkozó) mezőgazdasági belvízkár jóval nagyobb, mert ekkor a „kész” termés károsodik, illetve meg is veszendőbe.

Az őszi időszakban csak kivételesen keletkezik számottevő belvízi elöntés (2.ábra).



**2. ábra** Elöntések időszora a Tisza balparti tájegység területén 1968-1987 között

## 5.2. A belvíz-veszélyeztetettség térkép

Egy adott térség belvízi veszélyeztetettségére a befolyásoló – időben állandó – tényezők sosem önmagukban, hanem változatos kombinációjuk eredőjeként hatnak. Ezért az egyes befolyásoló tényezőkről rendelkezésre álló térképek (éghajlati, domborzati, talajtani térkép stb.) bár sok hasznos információt tartalmaznak, önmagukban nem elégségesek a belvízi veszélyeztetettség megítélésére. Közelebb vezet a probléma megoldásához, ha két tényezőt (pl. a talaj és a talajvíz jellemzőit) egyetlen térképen ábrázolunk Pálfai (1982), de a bizonytalanság a többi tényező figyelmen kívül hagyása miatt így is fennmarad.

A sok befolyásoló tényező kombinációja olyan bonyolult helyzetet teremt, melyben a tényezők összhatásának értékelése még akkor is reménytelen lenne, ha pontosan ismernénk a belvízképződés folyamatát és ebben az egyes tényezők számszerű hatását.

A gyakorlatban a belvízi veszélyeztetettség különböző fokozatainak térképszerű lehatárolását csak a tényleges belvízi elöntésekből kiindulva lehet megnyugtatóan elvégezni. Ezeket az elöntéseket a vízügyi igazgatóságok gát- és csatornaőrei a belvízvédelmi készültségek során térkép-vázlatokon rögzítik. Ezekből a vázlatokból általában szakaszmérnökségenként és igazgatóságonként áttekintő térképek készíthetők, az évi legnagyobb elöntés feltüntetésével. Az elöntési vázlatok érthető elnagyoltságából eredő pontatlanságok mérsékelhetők, ha a belvízképződést befolyásoló tényezőkről rendelkezésre álló különböző térképeket is fölhasználjuk.

A belvizi-veszélyeztetettség térkép szerkesztésének első fázisában a különböző méretarányú belvízelöntési térképekből egységes méretarányú (1:100000) térképeket szerkesztenek. Ezeket az átlátszó papíron lévő térképeket egymásra helyezve megállapítható, hogy az egyes területfoltok hányszor fedik le egymást, azaz egy adott helyen hányszor volt belvízi elöntés. Az előfordult esetek számát a vizsgált évek számával osztva meghatározható az elöntés előfordulásának relatív gyakorisága. Az így nyert adatok alapján a területek kategorizálhatóak (1. táblázat).

**1. táblázat** Belvizi-veszélyeztetettség kategóriák

Veszélyeztetettség kategória	Relatív gyakoriság
1.	< 0,05
2.	0,05 - 0,10
3.	0,10 - 0,20
4.	> 0,20



Az egyes kategóriák területfoltjait eltérően megjelölve és kisebb kiegyenlítéseket alkalmazva megszerkesztethető a belvíz-veszélyeztetettség térkép nyers változata.

A térképszerkesztés második lépcsőjében az elkészült nyers térképet összevetik a domborzati-rétegvonalas, talajtani, földtani és talajvíz térképekkel, illetve azok egyszerűsített, a belvízveszélyt kiemelő változataival valamint a topográfiai térképekkel, amelyek tartalmazták többek között a vizenyős területeket, a vízelvezető csatornákat. Ilyen kisebb igazítások után a térképek – melyek természetesen szubjektív elemeket is tartalmaznak – megbízhatóbbá váltak a csupán előntési adatokból szerkesztett nyers térképnél.

A belvíz-veszélyeztetettség térkép a belterületek ilyen szempontú vizsgálatára nem volt alkalmas – megfelelő pontosságú adatok hiányában.

Egy-egy belvizes esztendő súlyossága legegyszerűbben az előntött területek nagyságával jellemezhető. A belvíz-veszélyeztetettség térkép elsősorban a mezőgazdasági vízgazdálkodással összefüggő feladatok megoldásához nyújt segítséget, de általában minden olyan – a külterületeken folyó – hasznosítási, fejlesztési és védelmi tevékenység lényeges támpontja lehet, amelyeknél az időszakos vízborítás zavart vagy kárt okoz, esetleg előnyt jelent. A térkép nagy segítséget nyújt a síkvidéki vízrendezés tervezési feladatainak megoldásához, de hasznos szolgálatot tehet a belvízvédekezésre való felkészülésnél és a tényleges védekezésnél is, mivel a védelmi erőket kellő időben a leginkább veszélyeztetett térségekbe lehet irányítani és oda összpontosítani. Az öntözőtelepeket célszerű a belvízmentes vagy a belvízzel mérsékeltlen veszélyeztetett területekre kijelölni, de az öntözési mód megválasztásánál és a kiadagolandó vízmennyiség megállapításánál is érdemes a belvízi veszélyeztetettségre tekintettel lenni. A rizstelepeket, a halastavakat és a víztározókat a belvízzel erősen veszélyeztetett területen alakíthatjuk ki.

A földhasználat tervezésekor a belvíz-veszélyeztetettség térkép igénybevételével elkerülhetők azok a „kellemetlen meglepetések”, azaz a belvízkárok, amelyekre (különösen a hosszabb száraz időszak alatt) a tervezők nem gondolnak. A térképek jól használhatók a művelési ágak módosításánál, a táblásítás, illetve az úthálózat átalakításánál és a termelésből kivonandó területek kijelölésénél is.

A *belvíz veszélyeztetettség térkép* alapvetően az időben állandó, a belvizek kialakulását meghatározó tényezők térbeni szintetizálása alapján vont le következtetéseket az azok kialakulását alapvetően meghatározó tényezők síkbeli eloszlására. Az 1982-ben elkészített térkép korszakalkotó jelentőségű volt, hiszen azt megelőzően nem készült az Alföld egészére vonatkozóan ilyen részletességű felmérés. Meg kell azonban jegyezni, hogy mivel a

természeti tényezők egymásra, illetve az elöntések kialakulására gyakorolt hatását szakirodalmilag nem tárták fel egyértelműen, s így az egyes tényezők (esetlegesen) nem kellő súllyal történő figyelembe vétele csökkentheti az ez alapján elkészített előrejelzések hatékonyságát. Napjainkig sem vizsgálták meg valamennyi természeti és antropogén tényező belvizek kialakulására gyakorolt hatását. Valószínűleg ilyen elemzés csak abban az esetben hozna eredményeket, ha a belvízi elöntéseket eredet szerint is külön vizsgálat alá vonnánk. Ilyen tárgyú vizsgálat elvégzésére jelen munkában nem volt lehetőségem, de további elemzések elvégzése feltétlenül szükséges a jövőben.

Fontos lenne továbbá az is, hogy a jövőben a belvíz-veszélyeztetettség mértékének megállapítása a belvíz által okozott kár figyelembevételével történjen. Természetesen, a belvízi kár fogalmát társadalmi konszenzus eredményeként kellene kialakítani, így a belvíz-veszélyeztetettség is a társadalom elvárásainak függvényében fogalmazódna meg.

## 6. Az elvégzett vizsgálatok célkitűzései és a vizsgálati terület jellemzése

### 6.1. Az elvégzett vizsgálatok célkitűzései

Az előzőekben bemutatott változatos szakmai kérdések nyomán kutatásaim során az alábbi kérdések vizsgálatát tűztem ki célul:

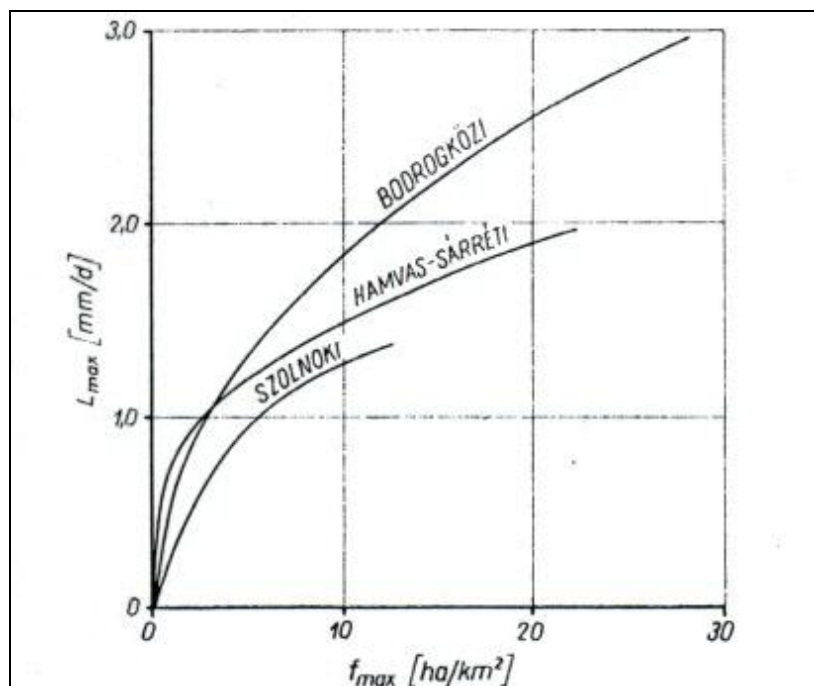
- belvíz mennyiségi jellemzőinek vizsgálata, a belvízi jelleggörbe vizsgálata,
- a belvizek területi előfordulásának vizsgálata,
- a belvizek elvezetése során szerzett tapasztalatok alapján az alkalmazott vízkormányzási gyakorlat eredményességének vizsgálata,
- a belvízi elöntések és a felhalmozódási időszak csapadékösszegeinek együttes vizsgálata.

A fenti kérdéskörök komplex vizsgálatát egyazon vízgyűjtő rendszeren (a szakirodalmi forrásokban) eddig még nem végezték el. Az egyes témakörök különálló vizsgálatára történtek kutatások, azonban az ilyen módon elvégzett vizsgálatok elvégzése óta is eltelt több évtized.

#### ***A belvíz mennyiségi jellemzőinek vizsgálata, a belvízi jelleggörbe vizsgálata:***

A belvízi mennyiségi jellemzők vizsgálata során valamely vízgyűjtő vonatkozásában a területen tapasztalt elöntések és az azokból valószínűsített elvezetések (lefolyások) kapcsolatát vizsgálják. A vizsgálatok során a terület belvízi jelleggörbéjének meghatározásával lehetséges azok sajátosságainak megállapítása. A magyarországi vízgyűjtők vonatkozásában Pálfi (1986) publikálta először a belvízi tájegységek jelleggörbéit (3. ábra).

A vizsgálatok óta eltelt csaknem két évtized során a mértékadó belvízi állapotokat megközelítő szituációk alakultak ki (1998–2000. évek között), melyek következtében a jelleggörbe vizsgálata időszerűvé vált. Fontos megemlíteni, hogy a társadalmi viszonyok átalakulásával a vízelvezető hálózat is változott. A termőterületek és a vízelvezető rendszerek tulajdonosi szerkezetének átalakulása is hatást gyakorolt a tájegységek belvízi jellemzőire.



**3. ábra** A Bodrogközi, a Hamvas-Sárréti és a Szolnoki belvízi tájegységek jelleggörbéi (Pálfai 1986 alapján)

### ***A belvizek területi előfordulásának vizsgálata***

A belvizek területi előfordulásának „legutóbbi” országos – így nagyobb vízgyűjtő egységekre is kiterjedő – feldolgozását Pálfai (1982) és munkatársai végezték el. A feldolgozás során kézi eljárásokkal dolgozták fel az elöntések térképi adatait.

Egyrészt a feldolgozás befejeződése óta eltelt időszakban jelentős belvízi elöntések keletkeztek, melyek módosították a belvizek relatív gyakoriságának eloszlását. Másrészt az elöntések elleni védekezéssel kapcsolatosan megfogalmazott társadalmi és gazdasági elvárások megváltozásával a védekezés súlyponti területei eltolódtak. Néhány intenzív termelés alá vont terület belvizekkel szembeni érzékenysége megnőtt, míg a korábban – a prosperáló nagyüzemi gazdaságok tevékenységének biztosítása miatt – kiemelten kezelt területek közül néhány tűrőképessége tágabb határok közé került, a terület intenzív hasznosításának megszűnése következtében.

A belvizek területi megjelenésének – térinformatikai alapú – feldolgozása elősegíti a táj- és területhasználat tervezését, továbbá lehetőséget biztosít a belvízvédekezési munkák eredményességének objektív megítélésére. Az eredmények tükrében a belvízelvezető rendszerek felülvizsgálata is megkezdődhet, és az EU Víz Keretirányelvének figyelembevételével korszerűsíthető a belvízvédekezés stratégiája, illetve annak gyakorlati végrehajtásának módszerei.

### ***Az alkalmazott vízkormányzási gyakorlat eredményességének vizsgálata***

A belvízvédekezési tevékenység során a vízelvezető rendszerekben végrehajtott vízkormányzási műveletekkel teszünk kísérletet a kritikus helyzetek megelőzésére, illetve a veszélyes szituációba került területek mentesítésére. Az alkalmazott vízkormányzási eljárások igazodtak (igazodnak) a vízelvezető rendszer jellemzőihez, adottságaihoz, a védekezést végző személyzet felkészültségéhez, anyagi lehetőségeihez. Az alkalmazott eljárások egyrészt a korábbi tapasztalatokon alapultak, másrészt az aktuális környezeti feltételekhez igazodtak.

A belvízi elöntések térképi adatainak feldolgozásával átfogó képet lehet alkotni az alkalmazott eljárások eredményességéről. Vizsgálható, hogy a vízkormányzási eljárások milyen hatást gyakoroltak a belvizek előfordulásának területi eloszlására.

A megállapítások alapján változtatni lehet az alkalmazott metódusokon. *A változás szükségességét aktuálissá teszik az EU Keretirányelvei*, melyekhez kapcsolódva a vízkormányzási eljárásoknak is a különböző igények komplex „kiszolgálását” kell biztosítaniuk. Egyaránt meg kell tudni felelni a vízkárelhárítási, a mezőgazdasági, az ökológiai igények elvárásainak ugyanazon vízrendszer vonatkozásában. Az elvárásoknak a vízgyűjtő társadalmának igényre támaszkodva kell megfelelni.

### ***A belvízi elöntések és a felhalmozódási időszak csapadékösszegeinek együttes vizsgálata***

A belvízképződés meghatározó tényezője a csapadék tevékenység. A szakirodalmi elemzések közös pontja, hogy a télvégi–kora tavaszi belvizek kialakulásának egyik meghatározója a belvizek kialakulását megelőző „felhalmozódási” időszakban észlelt csapadék tevékenysége. A felhalmozódási időszak csapadékösszegeinek területi eloszlása és az abból kialakult belvízi elöntések területi megjelenése fontos információkat hordoz az adott vízgyűjtő vonatkozásában. A szakirodalomban még nem készült olyan feldolgozás, ami a csapadék tevékenység és a belvízi elöntések viszonyának térbeni eloszlását mutatná be, pedig az így elkészített ábrák segítségével a felhalmozódási időszak csapadékviszonyai alapján következtetést lehet tenni a várható télvégi–tavaszi belvízi helyzet kialakulására.

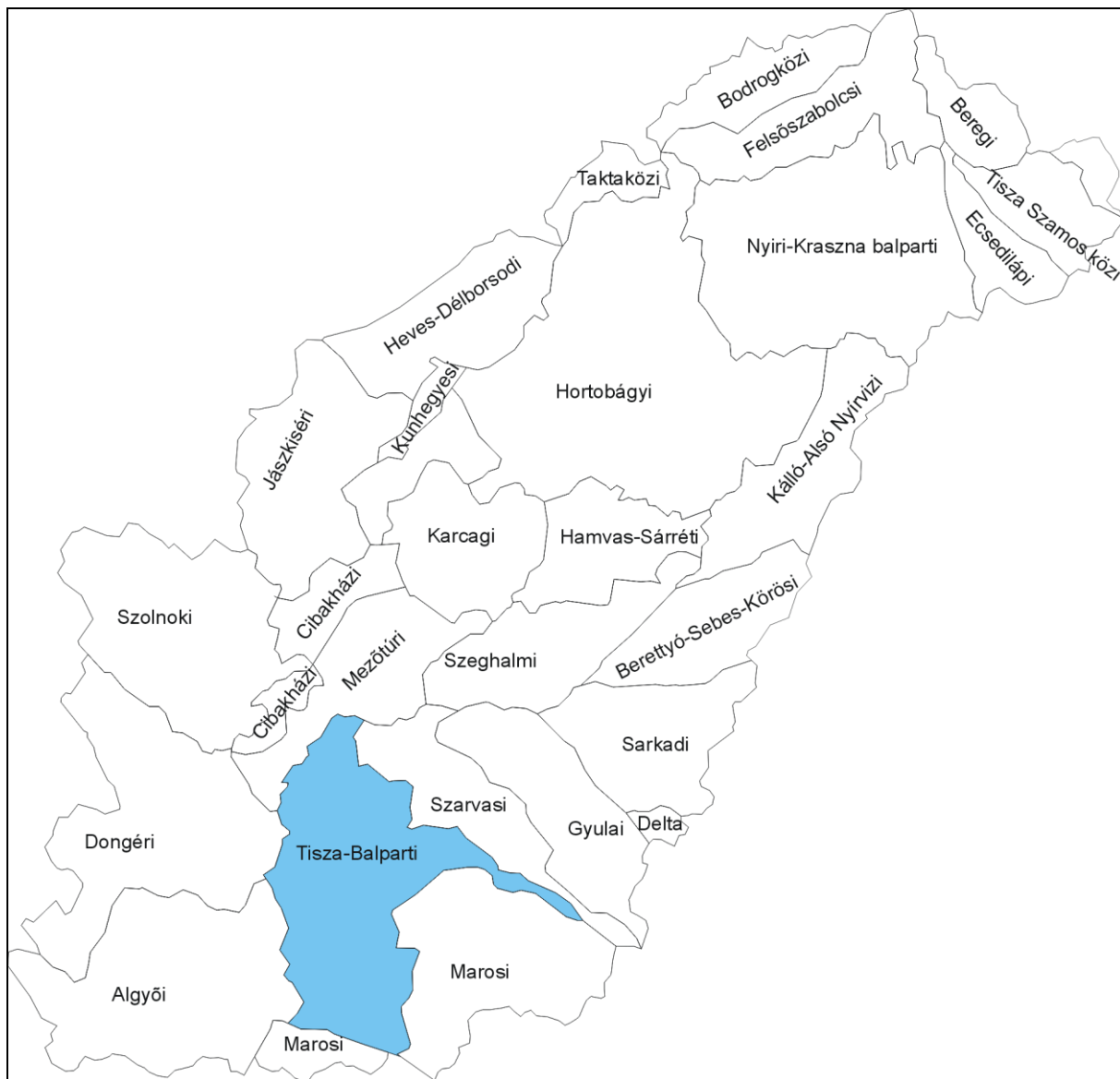
## 6.2. A vizsgálati terület kiválasztásának főbb szempontjai

A vizsgálati terület kiválasztásakor törekedtem arra, hogy olyan területet elemezzek, amelyen a belvízképződés folyamatában a determináló tényezők relevanciájában nem tapasztalható eltolódás egyik paraméter irányában sem. További feltétel volt a kiválasztásnál, hogy olyan kiterjedésű területet kell lehatárolni, melyre vonatkozóan elegendő adat áll rendelkezésre a feldolgozások elvégzéséhez. A terület kiválasztásakor megvizsgáltam a Dél-Alföldön található belvízrendszereket és azt tapasztaltam, hogy a szükséges numerikus és térképi adatok leghosszabb időtávlatban a Tisza balparti tájegységre állnak rendelkezésre. A vizsgálati terület kiválasztásánál további szempontként merült fel, hogy lehetőség szerint olyan vízrendszert kutassak, melyre vonatkozó eredmények az Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság (munkahelyem) működési területén a gyakorlatban is hasznosíthatóak.

A belvíz elleni védekezés terület egységei közül a legkisebbek a belvíz öblözetek, melyek gyakorlatilag az egyes csatornákhöz tartozó vízgyűjtőterületeket foglalják magukba. A nagyobb csatornák vízgyűjtőterületén található belvíz öblözetek alkotják a belvíz rendszereket. Az azonos földrajzi tájegységekhez tartozó, belvízi szempontból hasonló jellegű területek alkotják a belvízi tájegységeket. A fenti megfontolások alapján a vizsgálatokat Tisza balparti tájegységre vonatkozóan végeztem el (4. ábra). Ez a belvízi tájegység az alábbi belvízvízrendszereket<sup>13</sup> foglalja magában: 76. számú Hármaskörös balparti belvízöblözet, 77. számú Kurcai belvízöblözet, 78. számú Mártélyi belvízöblözet, 79. számú Tisza–Maroszugi belvízöblözet.

---

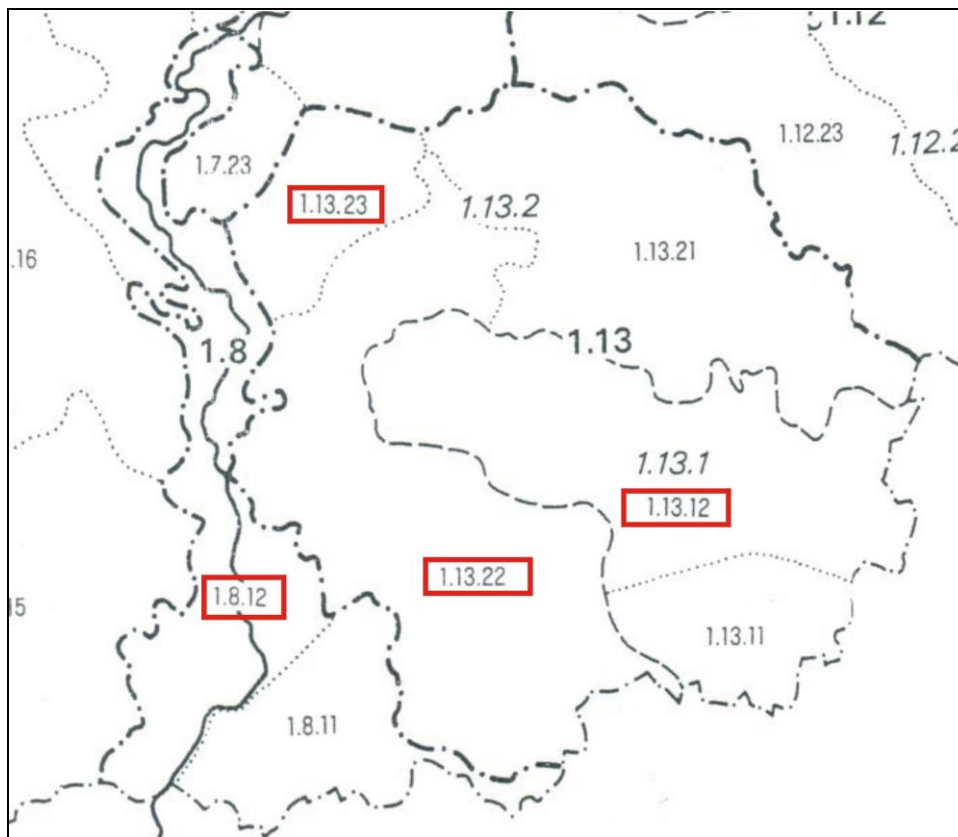
<sup>13</sup> Magyarországon a vízgyűjtőket a főcsatornákhöz kapcsolódóan foglalták kataszterbe. Az azonosíthatóság biztosítására – központilag megállapított – sorszámmal és névvel látták el a belvízrendszereket.



**4. ábra** Az Alföld belvízi tájegységei

### 6.3. A vizsgálati terület természeti földrajzi leírása

A vizsgálati terület Magyarország tájbeosztása (Marosi–Somogyi 1990) szerint az alábbi kistájakra terjed ki: a Dél–Tisza völgy (1.8.12.), a Békési–hát (1.13.12.), a Csongrádi–sík (1.13.22.), valamint a Körösszög (1.13.23.) (5. ábra).



5. ábra A vizsgálati terület által érintett kistájak

#### *Természeti földrajzi adottságok*

A vizsgálati terület folyómenti területe kis relatív szintű síkság. A felszíni formák döntő többségükben folyóvízi eredetűek.

A Tisza folyóvölgyétől távolodva északon a Hármasköröstől a marosi hordalékkúp felé enyhén emelkedő alacsony, ármentes síkság. A felszínt morotvák, elhagyott folyómedrek hálózata tagolja, gyakoriak a 3–4 méter magas kunhalmok. A belvízveszélyes, rossz lefolyású alacsony síksági részeket helyenként folyóhátakkal elgátolták. A Tisza mentén dél felé haladva a táj enyhén a Tisza-völgy irányába lejt. A felszíni formák egyveretűek, változatosságot a löszös iszapos felszín szikes anyaggal kitöltött erodált mélyedései és a különböző feltöltöttségi állapotban lévő morotvák, morotvaroncok jelentenek.

Kelet felé haladva enyhén Ny–ÉNy felé lejtő, változatos folyóvízi és szélhordta üledékekkel fedett hordalékkúp-síkság. Felszíni formái folyóvízi és eolikus folyamatokkal keletkeznek.



### ***Földtani jellemzők***

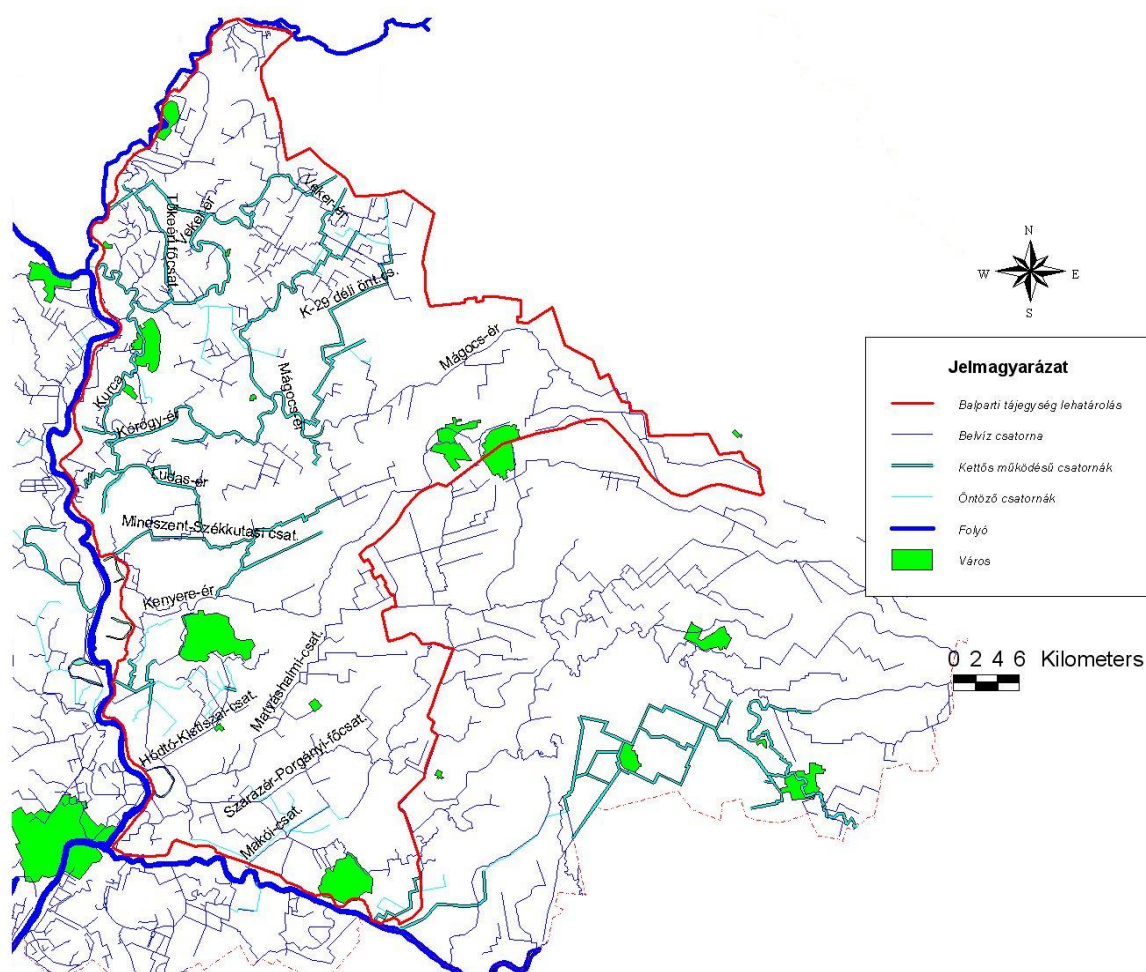
A folyómenti területeken a pliocén rétegsorra több száz méter vastag folyóvízi üledékből álló pleisztocén és erre holocén üledék települt. Az agyagos iszapos felszíni üledéket keletről nyugatra egyre vastagodó infúziós lösztakaró fedi.

### ***Éghajlati jellemzők***

Meleg-száraz éghajlatú területtípus. A napsütéses órák száma évente 2000–2090 óra. Az évi középhőmérséklet 10,0–10,5 °C közötti. A tenyészidőszak középhőmérséklete 17,5 °C körüli. A évi hőmérsékleti maximumokat 34,5 °C körül, a hőmérsékleti minimumokat -16,5 – -17,0 °C között regisztráltak.

Az éves csapadékösszeg 550–600 mm közötti.

### ***Vízrajzi adottságok***



**6. ábra** A Tisza balparti belvízi tájegység vízrajzi hálózata

A vizsgálati területen található vízfolyások befogadói a Hármaskörös, a Tisza és a Maros folyók (6. ábra). A területen található vízfolyások legnagyobb része a domborzati viszonyokhoz illeszkedve folyamatos lejtéssel halad a befogadó felé. A vízfolyások általában völgyeletekben haladva érik el a torkolatot. A vízszabályozási időszakban az ilyen „előzményekkel” rendelkező vízfolyások medrét módosították az elvezetési igényeknek megfelelően.

A vízfolyások kisebb része a területen folytatott intenzív mezőgazdasági termelés öntözési igényei érdekében mesterségesen kiásott öntöző csatornák. Ezekről a csatornákról megállapítható, hogy – magassági és síkrajzi – vonalvezetésüket gyakran nem a terepadottságokhoz igazodva alakították ki. A csatorna kizárólagos célja az öntözővíz öntözőtelepre juttatása volt, így sok esetben a tereplejtéssel ellentétes fenékeséssel, a terepszintből kiemelve (töltések között) haladnak az öntöző csatornák.

A terület további vízrajzi jellemzői a kettős működtetésű – reverzibilis – csatorna rendszerek (6. ábrán világos kék színnel kiemelt csatornák). Ezen rendszerek esetében a belvíz-levezetési feladatot teljesítő csatornába – a belvízi időszak elmúltával – a vegetációs időszakhoz igazodva a torkolatuk felől öntözővizet engednek be. Az ilyen módon beduzzasztott vízszint távolhatás távolságán belül a csatornából öntözővizet emelnek ki öntözési céllal.

A területen található természetes vízfolyások jellemzője<sup>14</sup> azok időszakossága, azaz alkalmanként teljesen kiszáradhatnak. Az agrotechnológiai elvárások miatt azonban sok vízfolyás esetében a vízjárást antropogén hatásokkal módosították, a kiszáradásos időszakokat gyakorlatilag teljesen megszüntették.

A területen talajvíz átlagos mélysége 2–4 méter között ingadozik.

### ***Növényzet***

A Tiszántúli flórajárásba sorolható a vizsgálati terület. Legjellegzetesebb erdőtársulásai között a fűz liget erdők és bokorfüzesek, a tölgy-körös-szil ligeterdők, valamint a pusztai tölgyesek említhetők.

### ***Talajtani adottságok***

A folyóvölgyben legnagyobb területi részarányal öntés réti és réti talajok alakultak ki. A terület több részein a csernozjom talajtípusok dominanciája jellemző.

---

<sup>14</sup> Az EU Víz Keretirányelv magyarországi végrehajtásához kidolgozott vízfolyás - tipológia alapján.

## 7. A belvíz mennyiségi jellemzőinek vizsgálata, a belvízi jelleggörbe elemzése

A belvíz jelenségét a gyakorlatban a Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságok (korábban Vízügyi Igazgatóságok) által gyűjtött belvízi *előntési* és *elvezetési adatokkal* jellemzik. Az előntési adatokat terepi felmérésekkel rögzítik. A lefolyási adatok egyrészt a torkolati szelvényekben végzett eseti vízhozam mérések, másrészt a levonulási viszonyokkal kapcsolatban alkalmazott „szakértői becslésen” alapuló vízhozamok eredménye.

Kutatásaim során vizsgálati időszak kiválasztásánál törekedtem olyan időszak értékelésére, amely egyrészt jól reprezentálja a helyi belvízi sajátosságokat, illetve amelyre vonatkozóan az adatbázis elegendő adatot tartalmazott. Mindezek figyelembevételével az 1968. január és 2002. december közötti időszak látszott megfelelőnek.

### 7.1. A belvíz mennyiségi jellemzők észlelése

Az előntési adatok észlelése földi referencia pontokhoz kapcsolódóan történik. Az igazgatóság csatornaőri állománya az észlelési időszakra vonatkozóan a maximális előntés kontúrvonalait határozza meg terepi referenciapontok alapján, majd a vízrendszerek vonatkozásában ezt összesítő térképeken ábrázolják 1:50 000, 1:100 000 méretarányban. Az észlelések során a felmérő „területismerete” feltételezte az előntött terület pontos meghatározását. Mivel az észleléseket végző személyzet a terület morfológiai jellemzőit kellő részletességgel ismerő munkatársakból áll, így a terepi referencia pontok alapján felmért előntések térképi megjelenítése jól tükrözi a terepi előntések elhelyezkedését.

Az elvezetési adatokat a napi elvezetett vízhozam adatok alapján határozzák meg 10 napos egységekre (dekád bontás) összesítve.

A vízhozam meghatározása többféle összefüggés alapján történik. Az elvezetési adatok a torkolati keresztzelvényben végzett *vízhozam méréseken* alapuló tapasztalati összefüggések alapján határozhatók meg. Ezen empirikus összefüggések segítségével határozhatók meg az átfolyt vízhozamok a szelvénybeli vízállás függvényében. Pontatlanságot jelenthet, hogy csak néhány torkolati szelvényen található állandó vízhozam-mérésre alkalmas mérési hely. Ezen mérési helyekben általában mérő szűkületek beépítésével határozzák meg a vízhozamot. A vízrendszerek többségében csak a szivattyútelepeken lehetséges a folyamatos vízhozam mérés. Ezeken a helyeken a beépített *szivattyúk névleges teljesítménye* alapján, a szivattyúzási üzemórák alapján határozható meg az átemelt vízmennyiség. Természetesen ez a lehetőség csak akkor áll rendelkezésre, amikor a gravitációs torkolati kifolyás megszűnik és a szivattyús emelés üzemel. (A szivattyútelepi üzemórák alapján történő vízmennyiség meghatározás

pontossága sok esetben megkérdőjelezhető, hiszen a szivattyúk tényleges teljesítménye az alvízi és a felvízi vízszintek aktuális magasságának is függvénye.)

Az elvezetési adatokat a Vízügyi Igazgatóságok gyűjtik és továbbítják a központi hidrológiai adatbázist (MAHAB) kezelő Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézetnek. A MAHAB jelenlegi szerkezete alkalmas lenne a lefolyási adatok fogadására, de a beviteli és lekérdezési felületeket módosítani kellene.

## 7.2. A belvíz mennyiségi jellemzők vizsgálati módszere

A vizsgálatok során az elöntési adatokból fajlagos elöntési értékeket számítottam a belvízi tájegység területére vonatkoztatva [ $\text{ha}/\text{km}^2$ ]<sup>15</sup> mértékegységben. A lefolyási értékekből havi lefolyási csúcs került meghatározásra [ $\text{mm}/\text{ó}$ ]<sup>16</sup> mértékegységben.

Az adatokra támaszkodva célként üzem ki a tájegységre jellemző belvízi jelleggörbének (Pálfai 1986) a vizsgálati adatokon alapuló kiegészítését. A belvízi jelleggörbe felhasználásával, a vízgyűjtőt, mint tározót jellemezhetjük. A belvízi elöntések és az azokból realizálódott elvezetések, a tározó tározási görbéjével mutat analógiát.<sup>17</sup>

A meghatározott jelleggörbék a gyakorlatban felhasználhatók a belvízi elöntési és elvezetési adatok durva hibáinak kiszűrésére, az adatsorok hiányainak pótlására, továbbá csupán az elöntési adat ismeretében a lefolyási csúcsok előrejelzésére, vagy a lefolyások ismeretében az elöntési értékek meghatározására.

*A vizsgálatok során az adatsorok elöntési és elvezetési értékei közötti kapcsolatot leíró összefüggést határoztam meg.* Majd korrelációs vizsgálatokat végeztem, mellyel az adatsorok közötti legszorosabb kapcsolatot leíró összefüggés megállapítása volt a cél.

A korrelációs vizsgálatok elvégezhetőségét az alábbiak igazolják. A természeti környezetre és annak elemeire vonatkozó összefüggéseket nem lehet determinisztikus matematikai függvény alakjában meghatározni. Ezek az összefüggések tehát elsősorban nem meghatározható, hanem csak „sejthető” – sztohasztikus – jellegűek. Ha az egyik jelenség változása általában

---

<sup>15</sup> A fajlagos elöntés meghatározásához az észlelt elöntési értéket arányosítottam a vízgyűjtőterület nagyságához.

<sup>16</sup> A havi lefolyási csúcs a belvízi elvezetési maximum értékéből kiindulva került meghatározásra a belvízi elöntés területe és az elvezetési idő alapján.

<sup>17</sup> A tározási görbe az elöntési felület és a különböző tározási vízszintekhez tartozó tározási térfogatok közötti kapcsolatot írja le.

mérhetően, de nem feltétlenül (és nem mindig) azonos mértékben idézi elő egy másik jelenség változását, az így értelmezhető összefüggést a korreláció számítás módszereivel követhetjük. A korrelációs összefüggés nem feltétlenül utal fizikai–okási kapcsolatra, hanem csupán az okási kapcsolatot magában foglaló együttjárásra. A természettudományokban, így a mérnöki tudományokban is gyakori a hipotézisek alkotása, amelyet a tudomány elfogad, ha azok *nem mondanak ellent* a jelenségek tényének. Ezekben a vizsgálatokban tehát nem elsősorban az állítások bizonyítása a lényeges, hanem a hipotéziseknek ellent nem mondó tények alapján történő elfogadhatósága.

A korrelációs vizsgálat mellett elkészültek a fajlagos előntési és lefolyási értékek gyakorisági felületei, melyek alapján a kiindulási adatokra megbízhatóságára vonatkozó következtetések megállapítása is cél volt.

### 7.3. A belvízi jelleggörbe sajátosságai, a kvantitatív jellemzők elemzése

A korrelációs vizsgálatok során egy matematikailag determinált függvény figyelembevételével vizsgálják a függő és a független változók viszonyát. A vizsgálatok eredményeként a vizsgált függvény alkalmazásához szükséges paramétereket határozzák meg. A vizsgálat eredményeként meghatározott paraméterekkel a kiindulási összefüggés „testre szabható”. A változók közötti kapcsolat szorosságának numerikus jellemzésére a korrelációs tényező (R) utal. A korrelációs tényező értékelése alapvetően determinálja vizsgálat végeredményét. A természeti jellegű folyamatok esetében a 0,60 feletti korrelációs tényezők jelzik az elfogadható szorosságú kapcsolatot<sup>18</sup>.

A korreláció kapcsolat megállapításakor a fajlagos elöntések szerepeltek független, a lefolyási csúcsok függő változóként<sup>19</sup>. A hidrológiai gyakorlatban használatos korrelációs vizsgálati módszerek közül 10 darab függvény került a vizsgálatba. A függvények esetében meghatároztam az alkalmazásukhoz szükséges paraméterek értékeit és a korrelációs tényezőt.

A vizsgálatok eredményeit az 2. táblázat tartalmazza:

**2. táblázat** Korrelációs vizsgálat összefoglaló táblázata

Függvény	Formula	„A” paraméter értéke [ha/km <sup>2</sup> ]	„B” paraméter értéke [ha/km <sup>2</sup> ]	Korrelációs tényező <b>R</b>	Szórás <b>σ</b>
Lineáris	$Y = Ax + B$	4,650	0,584	0,632	4,826
Exponenciális	$Y = Ae^{(Bx)}$	2,907	0,080	0,375	5,223
Hatvány	$Y = Ax^B$	3,056	0,491	0,542	4,882
Archius	$Y = Ae^{(-Bx)}$	5,595	0,110	0,433	5,855
Reciprok	$Y = 1/(A + Bx)$	3,676	-0,246	0,121	6,749
Racionális tört	$Y = Ax / ((1 + Bx))$	1,206	0,142	0,266	5,135
Kvadratikus	$Y = x(A + Bx)$	8,868	-0,535	0,278	35,804
Hiperbola	$Y = A + B/x$	8,405	-0,336	0,306	5,929
Logaritmus	$Y = A \ln(Bx)$	2,371	12,083	0,607	4,951
Polinomális	$Y = A + B_1x + B_2x^2$	4,734	$B_1 = 1,0442$ $B_2 = -0,0020$	0,70	4,734

<sup>18</sup> Vágás (2003) szakirodalmi hivatkozása alapján.

<sup>19</sup> Igazodva egyrészt a folyamat természetes kapcsolat rendszeréhez, valamint Pálfai (1986) hivatkozott publikációjához.

A fenti adatok alapján megállapítható, hogy a fajlagos elöntések és az azokhoz kapcsolható lefolyási csúcsok közötti kapcsolatot leírására a vizsgálati területen a legnagyobb korrelációs tényezővel az alábbi polinomális formula alkalmas:

$$Y = B_2 X^2 + B_1 X + A$$

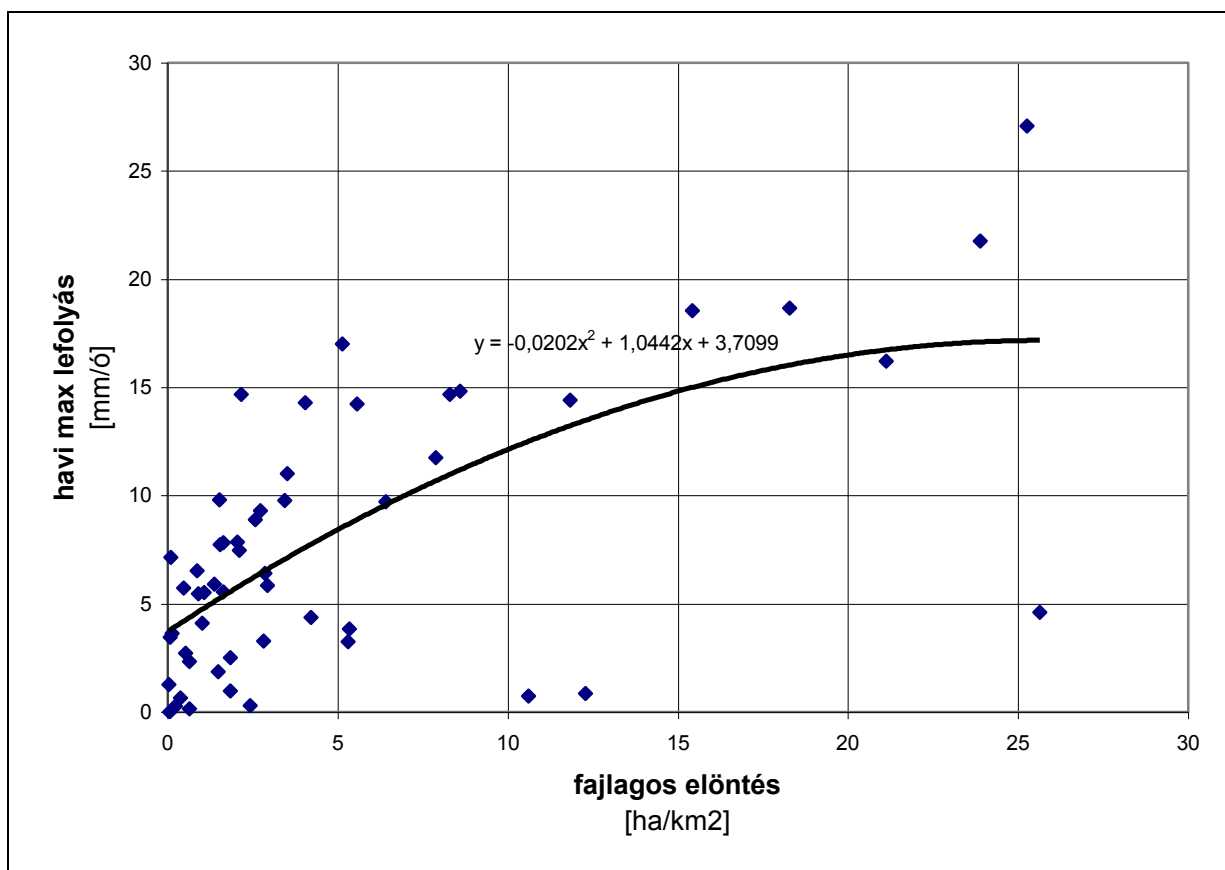
$$B_2 = -0,002 \text{ [ha/km}^2\text{]}$$

$$B_1 = 1,044 \text{ [ha/km}^2\text{]}$$

$$A = 4,734 \text{ [ha/km}^2\text{]}$$

A vizsgálati adatok fenti feldolgozásának eredményeként kapott összefüggés a teljes vizsgálati időszak figyelembevételével állapít meg összefüggést a változók között. Felhasználásával a Tisza balparti belvízi tájegység belvízrendszereinek belvízi mennyiségi jellemzői már az „észlelés” fázisában ellenőrizhetők, lehetőség nyílik a durva hibák kiszűrésére.

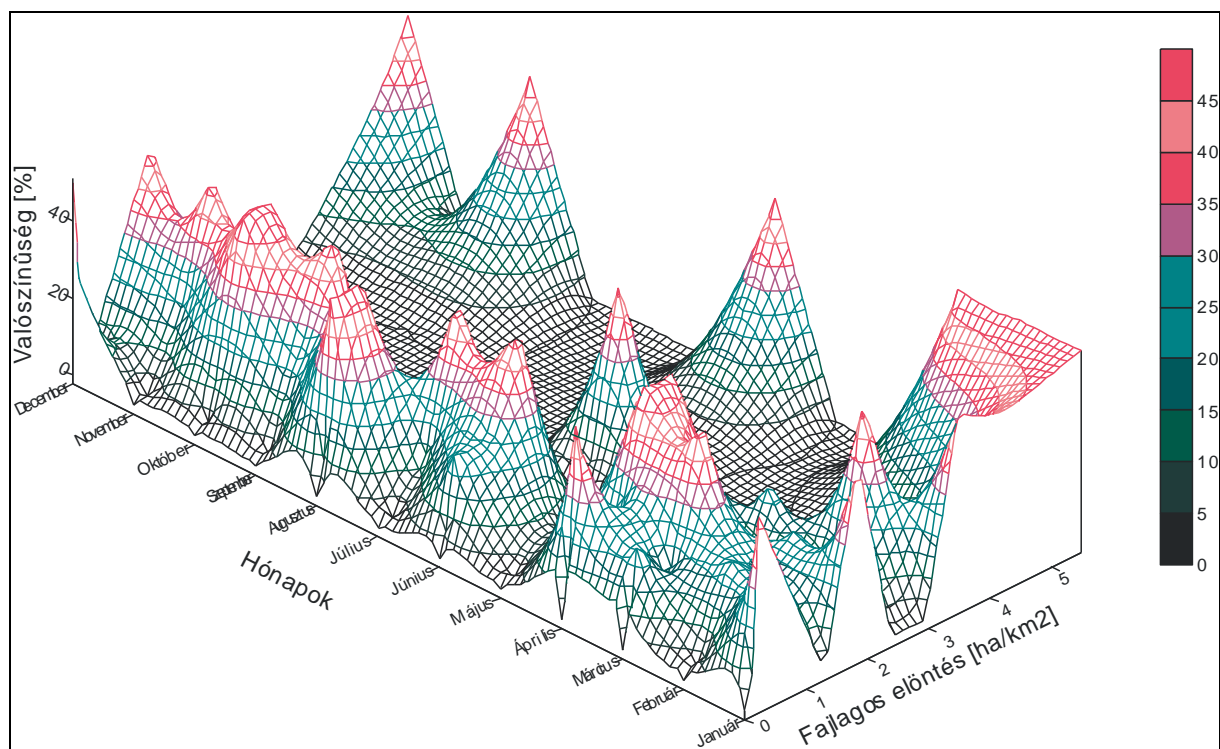
Adat hiány esetén akár a havi maximális lefolyás, akár a fajlagos elöntés értékei rekonstruálhatók a rendelkezésre álló adatokból.



**7. ábra** A Tisza balparti tájegység korrelációs vizsgálata  
az 1968. január – 2002. december közötti időszakra

A jelleggörbe (7. ábra) vizsgálatából megállapítható, hogy az 5 mm/ó és az 5 ha/km<sup>2</sup> alatti tartományban az összefüggés a változók kapcsolatának bizonytalansága miatt nem ad megbízható eredményt<sup>20</sup>. Tekintettel arra, hogy az adatok ezen tartományában az elöntések és az elvezetések nagysága nem okoz rendkívüli szituációkat a vízrendszerek működésében, így javasolható, hogy a jelleggörbének ezen tartományban történő használatakor az empirikus összefüggéseket eredményei legyenek a meghatározók a fenti összefüggéssel szemben.

Az elvégzett vizsgálatok kiterjedtek a havi lefolyási csúcsok és a fajlagos elöntések valószínűségi elemzésére. A valószínűségi elemzések összehasonlíthatóságának megkönnyítése érdekében a vizsgálatok a valószínűségi felület generálásával folytatódtak. A valószínűségi vizsgálatoknál alkalmazott azonos osztásközök biztosították a vizsgálati adatok összevethetőségét. A fajlagos elöntések vizsgálataihoz meghatároztam az elöntések valószínűségi felületét (8. ábra).

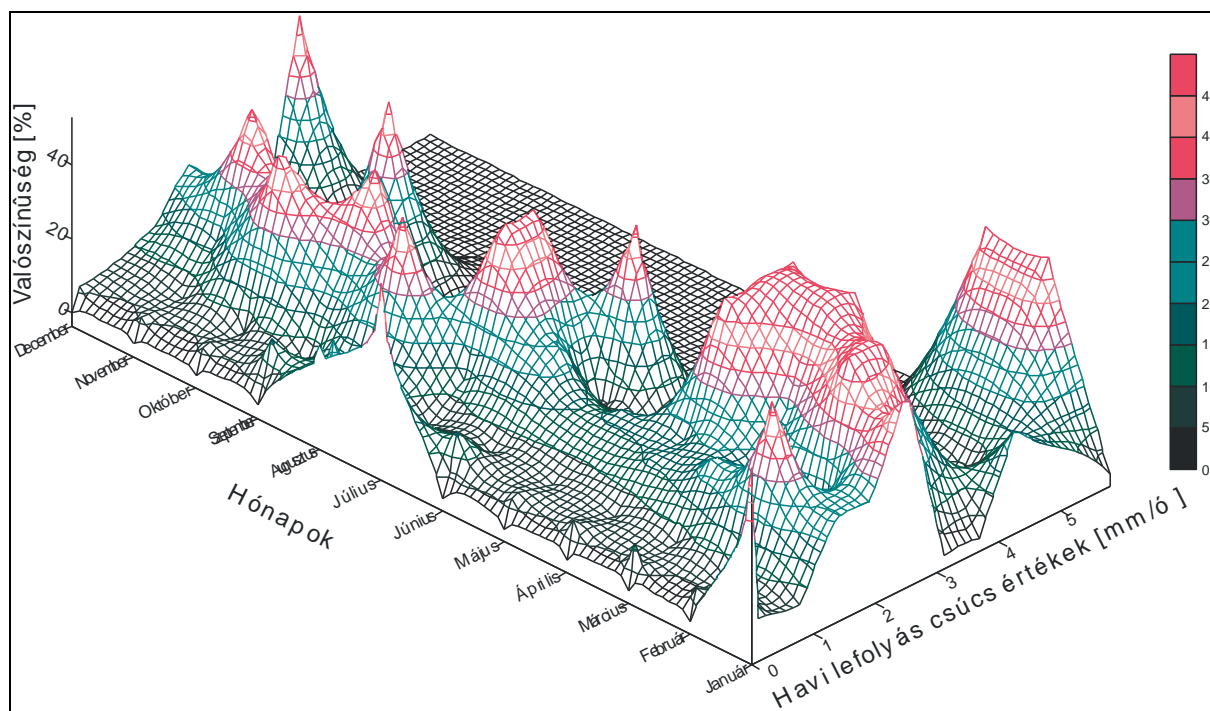


**8. ábra** Fajlagos elöntési értékek valószínűségi felülete  
az 1968. január – 2002. december közötti időszakra

<sup>20</sup> Az elmúlt mintegy tíz év során a pénzügyi források hiánya miatt, sok esetben olyan körülmények között is elrendeltek belvízvédelmi készültséget, amikor csak kis mértékű elöntések keletkeztek. Tekintettel arra, hogy ilyen körülmények között csak korlátozott mértékben voltak biztosítottak a szabatos vízmennyiség mérés, vagy az elöntések területeinek szabatos meghatározásának feltételei, így az ezen tartományba eső adatok megbízhatósága kérdéses.



Az ábra értékeléséből megállapítható, hogy a december–március közötti időszakra jellemző a elöntések legnagyobb valószínűsége. Az év során gyakorlatilag azonos valószínűséggel alakultak ki 1 ha/km<sup>2</sup> alatti fajlagos elöntések. Valószínűleg a kisebb belvízi elöntések során a nem kellő körültekintéssel végzett felmérési munkákban (becslésekben) jelentkező pontatlanságok következtésben jelentkezik ezen hatás.



**9. ábra** A havi lefolyási csúcsok valószínűségi felülete az 1968. január – 2002. december közötti időszakra

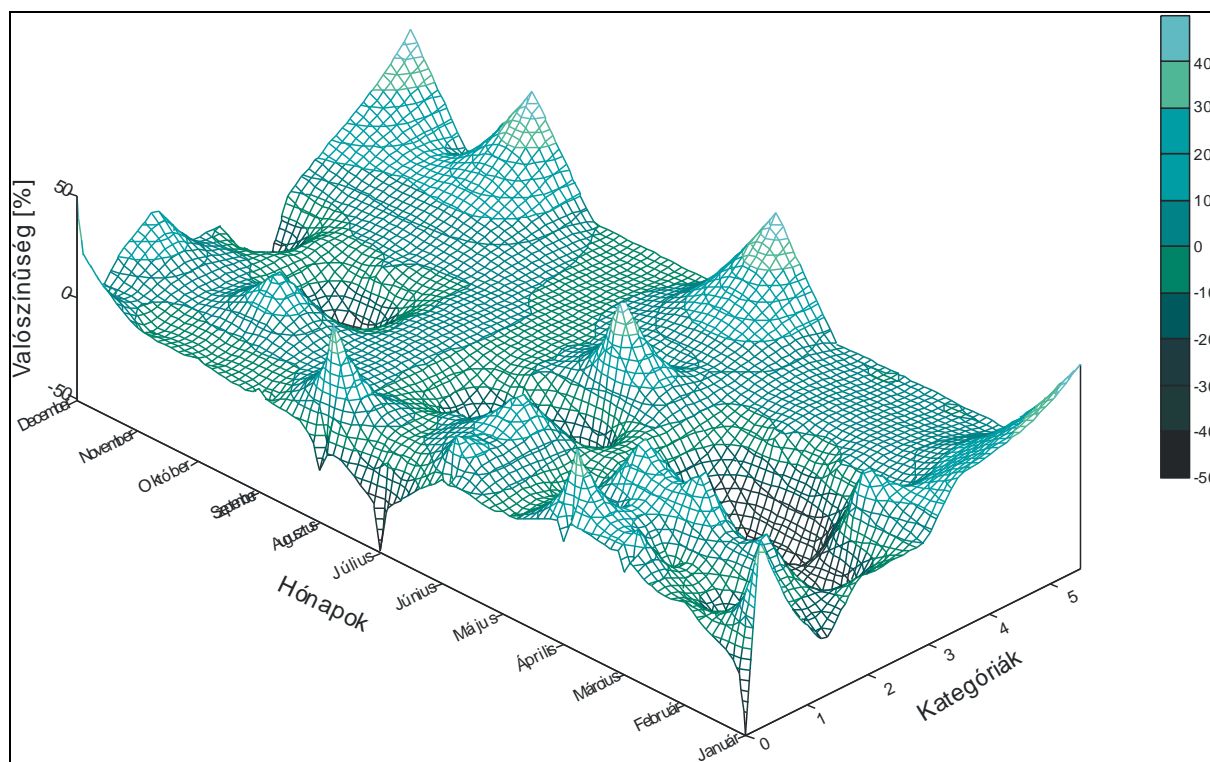
A havi lefolyási csúcsok (9. ábra) alapján megállapítható, hogy azok a természetes belvízképződési időszakoknak megfelelő eloszlást mutatnak. Látható, hogy belvízjárás éven belüli ciklikusságát követik az adatok 2-4 mm/ó közötti tartományában elhelyezkedő értékek. Az adatok mintegy 40 % valószínűséggel vesznek fel 2-4 mm/ó közötti értékeket a február – május közötti időszakban (ez egybeesik a tipikus télvégi – tavaszi belvízi időszakkal).

Megállapítható, hogy a nyári lefolyási maximumok gyakorlatilag július hónapra korlátozódnak. Az őszi folyamán október – november közötti időszakban fordultak elő nagy valószínűséggel jelentősebb lefolyások, azonban ezek 1-3 mm/ó közötti tartományra korlátozódtak.

Az ábra értékeléséből egy sajátosság is megállapítható. Látható, hogy a január - március közötti időszakban érik el lefolyási értékek a maximumaikat. A tájegységben tehát

legnagyobb lefolyási értékek január és március között alakulnak ki, majd ezt követik a március – május közötti lefolyások.

Az adatok további vizsgálatának céljából elkészítettem a lefolyási csúcsok és a fajlagos elöntések valószínűségi felületeinek különbség felületét (10. ábra).



**10. ábra** A havi lefolyási csúcsok és a fajlagos elöntési maximumok valószínűségi felületeinek különbség az 1968 január – 2002. december közötti időszakra

Az ábra elkészítésével kapcsolatosan azon tapasztalati megfontolást alkalmaztam, *hogy amennyiben az adott hónapban található fajlagos elöntési maximumokból keletkezik a havi lefolyási csúcs, úgy az elöntési és elvezetési felületek különbsége az adott valószínűségi kategóriában közelít a nullához. Következésképpen a két felület különbségének minimum helyeinél az elöntések és az azokból keletkező lefolyások közötti késleltetés nélküli kapcsolat bizonyítottnak tekinthető. Amennyiben különbség értéke nem nulla, annak mértékéből lehet következtetni, arra hogy az elöntések és elvezetések közötti kapcsolatban késleltetés áll elő, vagy egyéb okból nő meg a valószínűségi differencia. Amennyiben a különbség pozitív (nagyobbak a lefolyások valószínűségi kategóriái, mint az elöntéseké) arra lehet következtetni, hogy az elvezetésekből nem keletkeznek elöntések, a vízgyűjtőre hulló*

*csapadékból származó lefolyásokkal a vízelvezető rendszer vízemésztési potenciálja összhangban van. Amennyiben a különbség negatív (kisebbek a lefolyások valószínűségi kategóriái, mint az elöntéseké), a vízrendszer vízemésztési potenciálja nem biztosítja a vizek elevezetését, elöntések keletkeznek.*

Megállapítható, hogy valószínűségi differencia értékek a 3-5 közötti tartományokban az év elején gyakorlatilag nulla közeli. Ezek alapján kijelenthető, hogy az elöntések év elejei (január–márciusi) maximális értékei egybeesnek a lefolyási csúcsok ezen időszakra vonatkozó legnagyobb értékeivel. Tehát az időszakban keletkezett elöntésekből, még ezen időszak során jelentkeznek a legnagyobb lefolyások is. Érdekes megállapítás, hogy a március –május közötti időszakban jelentkező lefolyási értékeknek nincs meg az elöntési értékekben a szélsőérték párja. Valószínűleg ezekben az időszakokban a lehullott csapadékkal egyensúlyt képes tartani a vízelvezető rendszer – a lefolyás dinamikája megegyezik a csapadék pótlódás dinamikájával – és így nem keletkeznek elöntések.

További fontos megállapítás, hogy az évvégi időszakban a fajlagos elöntésekben tapasztalt kiugróan magas értékeket csak kisebb lefolyások kísérik. Ennek oka a vízgyűjtő léghőmérsékletének csökkenésével magyarázható. Ebben az időszakban az elöntések lefagynak és azokból a lefolyás folyamatosan csökken.

Mind a belvízi jelleggörbe, mind a belvízi mennyiségi jellemzők vizsgálatából megállapítható, hogy *a kis belvízi elöntések és a kis lefolyások tartományában az adatok megbízhatósága kétséges. A tájegység sajátossága, hogy a legnagyobb elöntések és lefolyások január – március között jelentkeznek.* Fontos, hogy a belvízelvezető rendszer valamennyi eleme ezen időszakra képes legyen feladatát teljesíteni. *A tájegység további sajátossága, hogy a nyár közepén lefolyási maximumra lehet számítani.*

*A Tisza balparti belvízi tájegység további jellemzője, hogy késő őszi hónapoktól kezdődően a lefolyás folyamatosan csökken.*

*A rendszer – tekintettel a késő őszi felhalmozódási időszakra – lehetőséget biztosít hosszabb idejű kiegyenlítéssel működő víztározók működtetésére. Ezen tározókkal a lefolyásban tapasztalt szélsőségek enyhíthetők a vízhiányos időszakban.*

*Jövőbeni fejlesztési célként körvonalazódik a belvízi elöntések és a lefolyások szabatos mérésének megoldása.*

## 8. A belvizek területi eloszlásának vizsgálata és az abból levonható következtetések

Az előntési térképek feldolgozásával, áttekintő értékelésével a vizsgálatok célja átfogó értékelés elkészítése volt az ATIKÖVIZIG működési területének Tisza balparti belvízi tájegységére. Erre a területre legutóbb Pálfai (1982) közölt vonatkozó átfogó értékelést, ez azonban csak az 1980-ig regisztrált előntéseket dolgozta fel. A közlés óta eltelt időszakban mértékadóhoz közeli szituációk alakultak ki a Tisza-völgyben, különös tekintettel 1998–2001 között.

### 8.1. A belvízi előntések területi észlelésének módszerei

A Vízügyi Igazgatóságok a belvízi előntések csökkentéséhez szükséges feladatokat a belvízi előntések kialakulásának függvényében határozzák meg, melynek céljából a belvizek következtében kialakult terepi előntéseket észlelik, és azokat archiválják Magyarország teljes területén.

A vizsgált Tisza balparti tájegység előntési adatait az Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság nyilvántartásai<sup>21</sup> alapján kerültek feldolgozásra az előntési értékek. Ebből a belvízi időszakokat reprezentáló maximális belvízi előntéseket szemléltető térképi anyagokat dolgoztam fel. A vizsgálati időszak kiválasztásánál törekedtem arra, hogy a lehető legteljesebb körű képet kaphassam a belvízi előntésekről. A feldolgozás során az alábbi évekre vonatkozó belvízi előntési térképeket vizsgáltam:

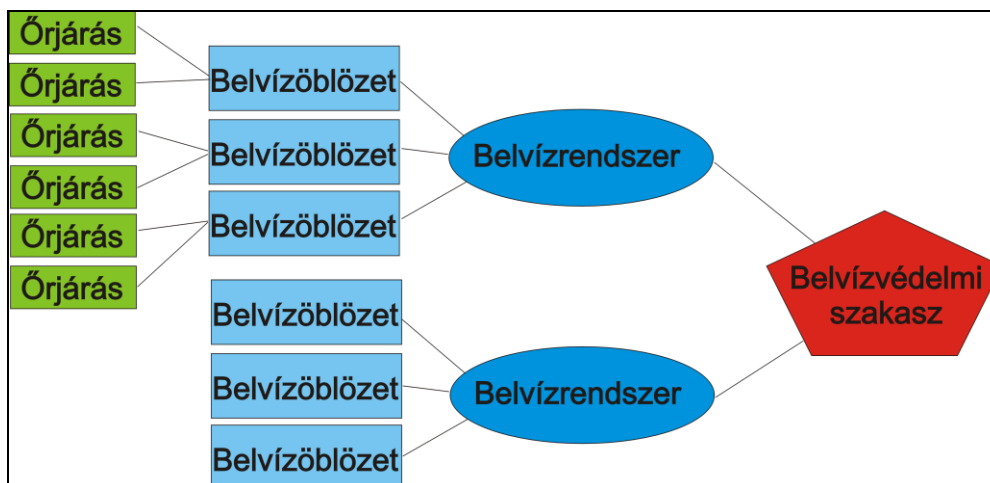
1957-1959, 1962-1963, 1965, 1967-1982, 1986-1987, 1993, 1999-2001.

Mivel a fenti adatbázis néhány évben (1995, 1997, 1998) kialakult belvízi előntésekre nem tartalmazott információkat, így azok feldolgozásától kényszerűen el kellett tekintenem.

A Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságok működési területükön ellátják a vízkárelhárítási feladatokon belül a belvízvédekezéssel kapcsolatos koordinációs és védekezési, lokalizációs feladataikat. A belvízvédekezéssel összefüggő feladatok, egyrészt a káros előntések kialakulásának megakadályozása érdekében végzett vízkormányzási feladatok meghatározását és végrehajtását, másrészt a kialakult belvízi előntések megszüntetését jelenti. A védelmi tevékenység szervezéséhez fontos információkat biztosítanak a kialakult előntések felméréséből nyert adatok. A védekezési elvi szervezeti felépítését a (11. ábra) mutatja be:

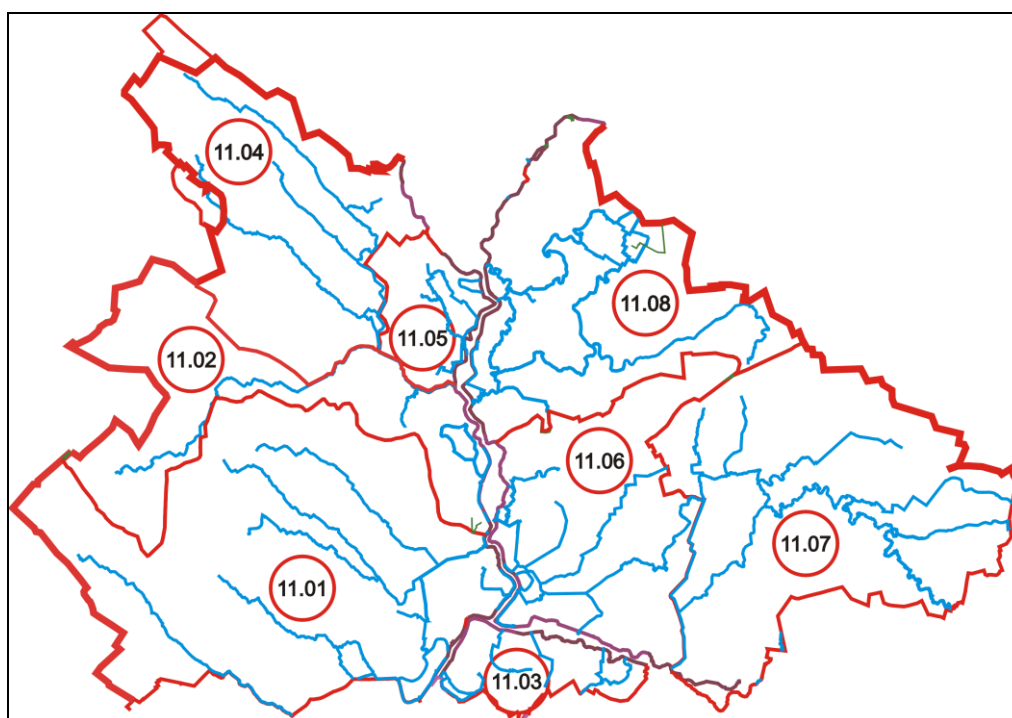
---

<sup>21</sup> A belvízi szituációkhoz kapcsolódóan készültek el a belvízi előntéseket ábrázoló térképi állományok. A vizsgálatokhoz az ATIKÖVIZIG térképtárából kaptam meg a térképeket.



**11. ábra** A belvízvédekezés elvi szervezeti felépítése

Minden csatorna vízgyűjtője egy belvízöblözetet alkot. A belvízöblözetek méretük alapján őrjárásokra vannak felosztva, mely őrjárásokban az ott élő csatornaőrök végzik a kezelői jogok helyi gyakorlását. Az általuk végzendő feladatok magukban foglalják a karbantartási feladatoktól kezdődően a hidrometeorológiai észlelésen keresztül a vízkormányzási feladatokat is. A belvízi öblözetek a nagyobb vízgyűjtővel rendelkező csatornák esetében belvízrendszereket alkotnak. A védelmi szervezetben több belvízrendszer közös irányításából jönnek létre a belvízvédelmi szakaszok. Az ATIKÖVIZIG működési területén 8 belvízvédelmi szakasz található (12. ábra).



**12. ábra** ATIKÖVIZIG működési területén található védelmi egységek/szakaszok

A belvízi elöntések észlelését az őrzésekben tevékenykedő csatornaőrök végzik, akik a belvízi időszakok során az elöntések maximális mértékét mérik fel. A felméréseket hagyományosan a térképen is azonosítható tereptárgyakhoz viszonyítva végzik. Az elöntések kiterjedését ezek alapján 1:10.000, vagy 1:25.000. méretarányú térképeken manuálisan rögzítik.

Az elmúlt 10 évben készültek tanulmányok a távérzékelési módszerek alkalmazására is (pl. Rakonczai et al 2001). Az ezekben közölt elemzések szerint a belvízi elöntések kiterjedésével kapcsolatos korszerű adatgyűjtési technikák az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- műholdas távérzékelés,
- légifényképezésen alapuló távérzékelés,
- terepi adatfelvételezés.

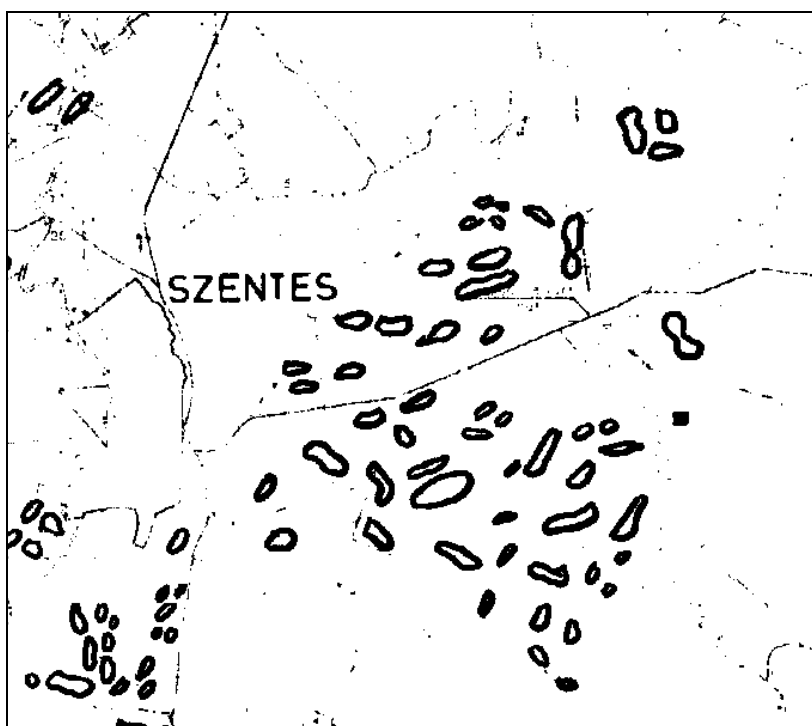
A tapasztalatok szerint a távérzékelés használata megbízhatóbbá tehetné az elöntött területek felmérését, de üzemszerű alkalmazásukra eddig pénzügyi és egyéb források hiányában nem került sor.

Az őrzésekre vonatkozó térképek összegzéséből jöttek létre a belvízrendszerekre, illetve a védelmi körzetekre (szakaszmérnökségekre) vonatkozó 1: 50.000, vagy 1: 100.000 méretarányú elöntési térképek. A térképek a belvízvédkezéseket lezáró dokumentációk mellékleteként kerültek archiválásra.

Feldolgozásunk során az 1: 100.000 méretarányú összegző térképeket használtuk fel. Azokban az esetekben, amikor az összegző térkép nem állt rendelkezésre, úgy a védelmi körzet szintű térképek alapján kerültek pótolásra a térképek. (Sajnálatos, hogy az 1995, 1997, 1998-as évek vonatkozásában ilyen adatok sem álltak a rendelkezésre.)

## 8.2. Az elöntések feldolgozásának módszere

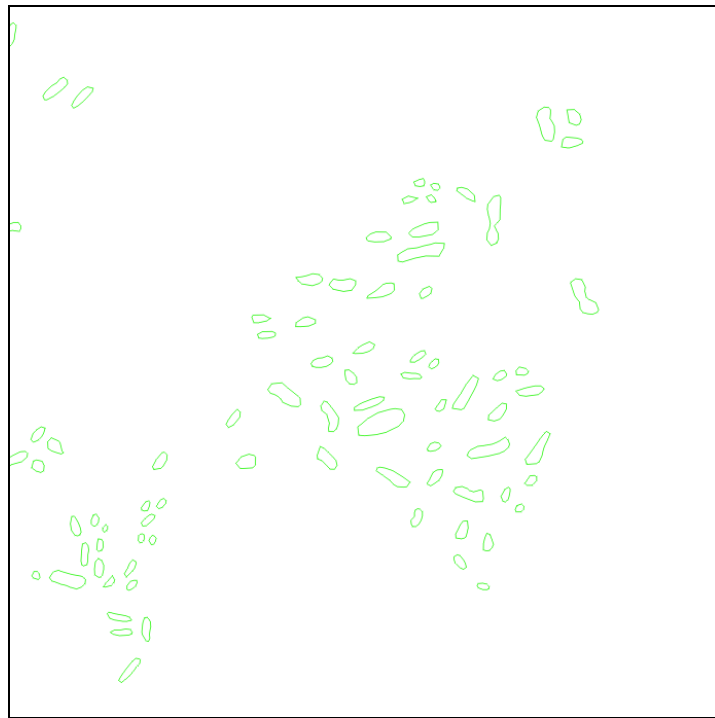
A feldolgozás során először a papír alapú elöntési térképek feldolgozását kellett elvégezni. A feldolgozás első lépése a papír térképek szkennelése volt. A szkennelés során a papír térképről egy digitális alapú „fénymásolat” készült. (A szkennelés előkészítő fázisaként a térképeket „alakilag” kellett feldolgozható formában hozni, pl. ki kellett javítani a szakadásokat.) A szkennelés után 300 dpi felbontásban digitális formátumban jöttek létre az elöntési térképek (13. ábra).



13. ábra Raszter alapú elöntési térképrészlet

A következő lépés a raszteres térképek vektorizálása volt. Ennek során a raszteres állományokból, az elöntések kontúrvonalainak törésponti koordinátáit határoztam meg, a kontúrt alkotó sokszögvonal törésponti koordinátaival. A feldolgozást félautomata eljárással AutoCad CadOverlay program felhasználásával végeztem (14. ábra).

A feldolgozás következő fázisa az elöntések kontúrjainak egységes koordináta rendszerben történő illesztése volt. Ebben a fázisban az elöntési térképeken előzetesen kijelölt, ismert EOVS koordinátával rendelkező illesztési pontokhoz viszonyítva transzformáltam a kontúrvonalakat az Egységes Országos Vetületi Rendszerbe. A művelet során az illesztési pontok digitalizált megfelelőit illesztettem az aktuális koordináta értékre, oly módon, hogy a közbenső pontok transzformációját is elvégeztük az ún. „gumilepedő”-eljárás alkalmazásával. Ennek eredményeként abszolút EOVS koordinátákkal ellátott elöntési térképek jöttek létre.

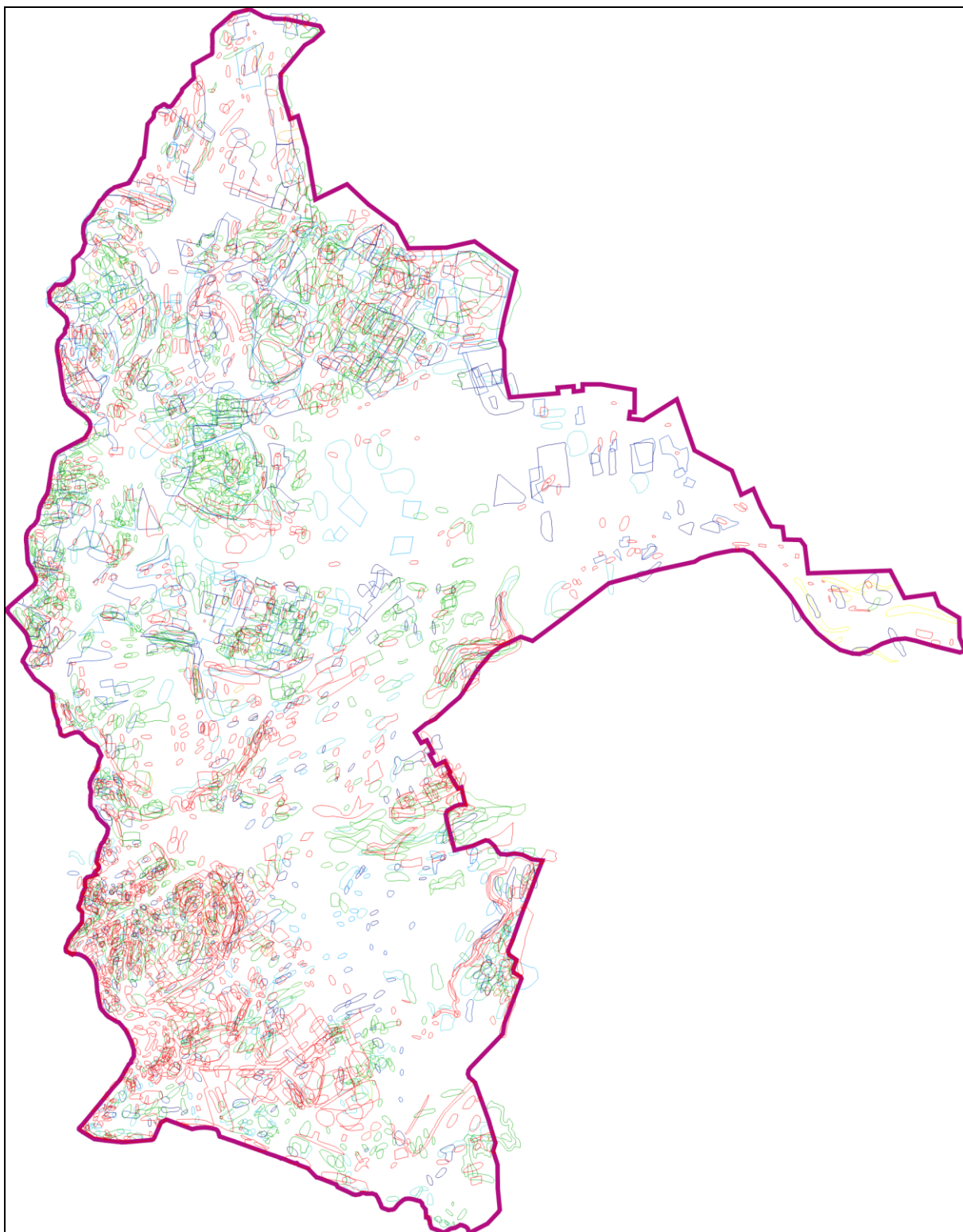


**14. ábra** Vektor alapú elöntési térkép

A műveletet valamennyi (fellelhető) elöntési térkép esetében végrehajtottam. Az eljárás eredményeként a belvízi szituációkhoz kapcsolódóan előálltak az azonos viszonyítási rendszerrel rendelkező belvízi elöntési térképek. Ezen vektoros állományok alapján meg lehetett kezdeni a gyakorisági összesítő térkép elkészítését. A feldolgozást az AutoCad Map program segítségével végeztem. Az évenkénti elöntéseket tartalmazó digitális állományokat, mint rétegeket egy közös állományban dolgoztam fel (15. ábra).

A következő feldolgozási fázisban az AutoCad Map szoftver segítségével meghatároztam az elöntések relatív előfordulásának gyakorisági értékeit a vizsgálati területen. A gyakorisági értékek területi eloszlását összesítő térképi állomány már EOVS vetületi rendszerbe illesztve tartalmazza az elöntések gyakoriságát (lásd I. melléklet).





**15. ábra** Vektoros előntési kontúrok összesítő térképe

### 8.3. A belvízi elöntések relatív gyakorisági térképe és annak jellemzői

A gyakorisági térkép alapján meghatároztam az egyes gyakorisági kategóriákhoz területeket (3. táblázat).

**3. táblázat** Az 1957 – 2001. közötti időszakban előfordult belvízi elöntések gyakorisági összegzése

A vizsgálati időszakban előfordult elöntések száma	Összterület <i>km<sup>2</sup></i>	Fajlagos elöntés %
1	509,62	23,792
2	207,42	9,684
3	90,05	4,204
4	43,28	2,021
5	16,12	0,752
6	4,56	0,213
7	1,83	0,085
8	0,09	0,004

A gyakorisági kategóriák területi értékeit vizsgálva megállapítható, hogy a mintegy 2142 km<sup>2</sup>-es vizsgálati terület mintegy egy ötöde már belvízzel legalább egy alkalommal elöntés alá került. A vizsgálati terület mintegy 10 %-án már két alkalommal előfordultak belvízi elöntések. 3-4 alkalommal a terület 2-4 %-a került elöntésre. Az is látható, hogy voltak olyan területek is, amelyek 8-szor is víz alá kerültek.

A gyakorisági kategóriákhoz tartozó elöntési területek alapján a vizsgálati területre meghatározott területi átlaga 0,70-re adódott, mely alapján a vizsgálati terület egészét 1 (0,70) alkalommal érintette a vizsgálati időszakban belvízi elöntés.

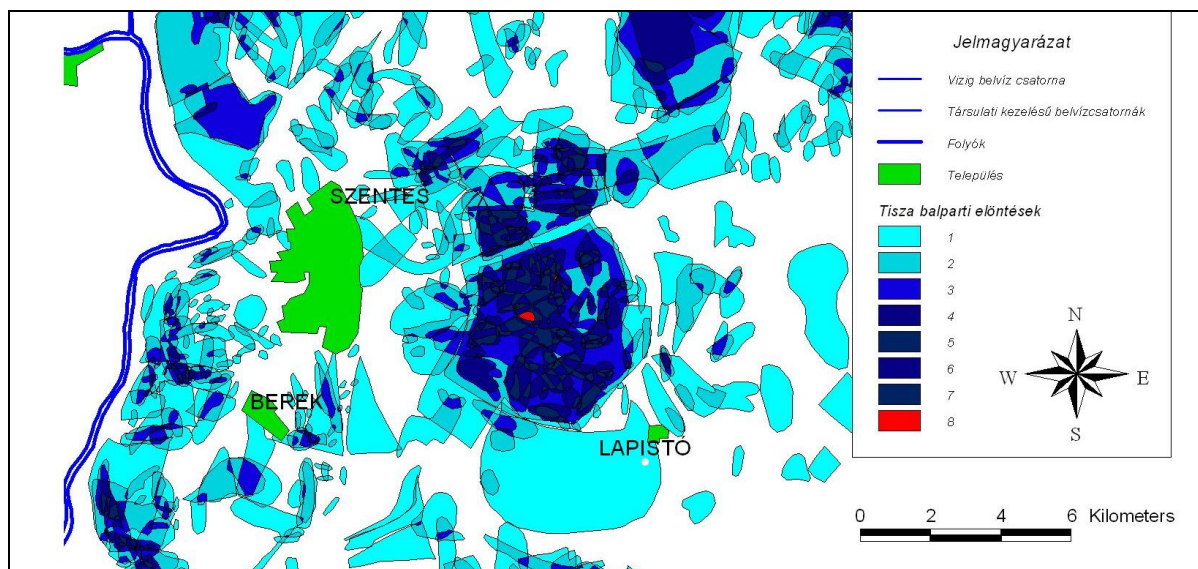
A gyakorisági kategóriákhoz tartozó elöntött területek nagysága, valamint a területi átlag a belvízkérdés elemzését indokolja. A további vizsgálatokat a tájegységre elkészített gyakorisági térkép alapján végeztem.

A gyakorisági térkép alapján (*I. melléklet*) a vizsgálati területre az alábbi helyeken jelentkeztek nagy gyakorisággal belvízi elöntések:

- Szentestől észak keletre és keletre,
- Hódmezővásárhelytől észak keletre és északra,
- Hódmezővásárhelytől keleti és délkelti irányban.

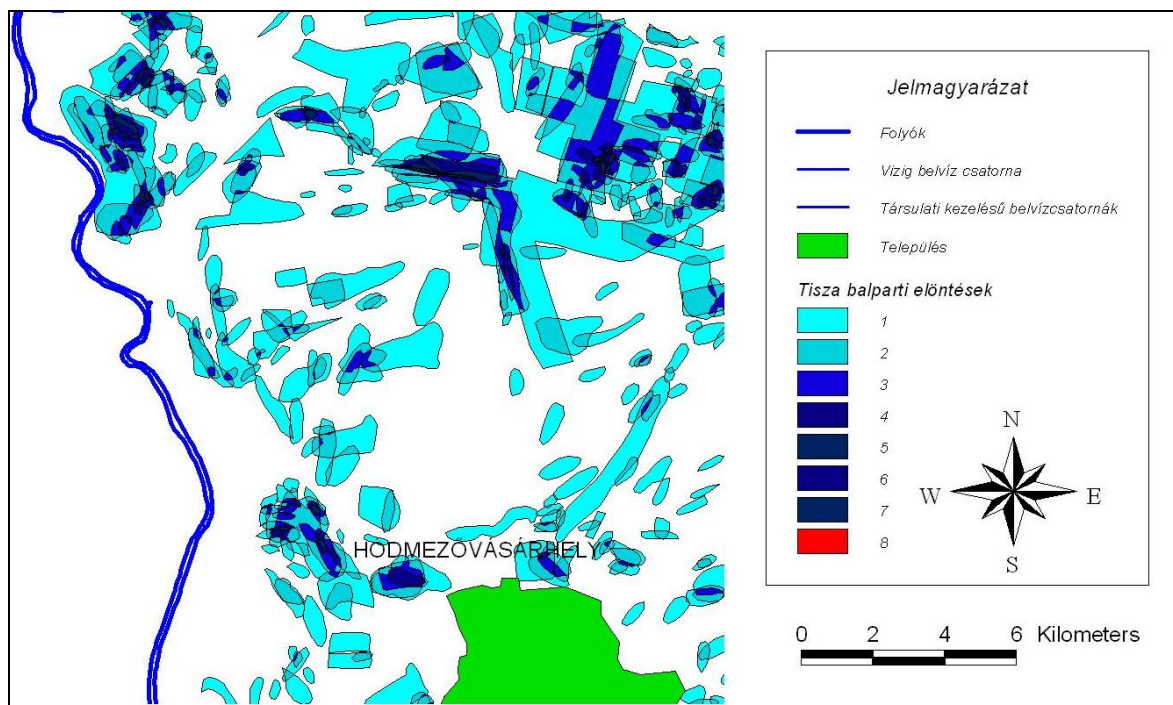
A belvízzel gyakorta járt területek részletesebb vizsgálatával megállapítható, hogy a nagy belvízi gyakoriságok tekintetében két csoport figyelhető meg:

- az egyik jellemzően nagy „területi” kiterjedéssel rendelkezők (16. ábra).



**16. ábra** „Területi kiterjedésű” belvízi elöntések

- a másik csoport „vonalak” mentén jelentkezik (17. ábra).

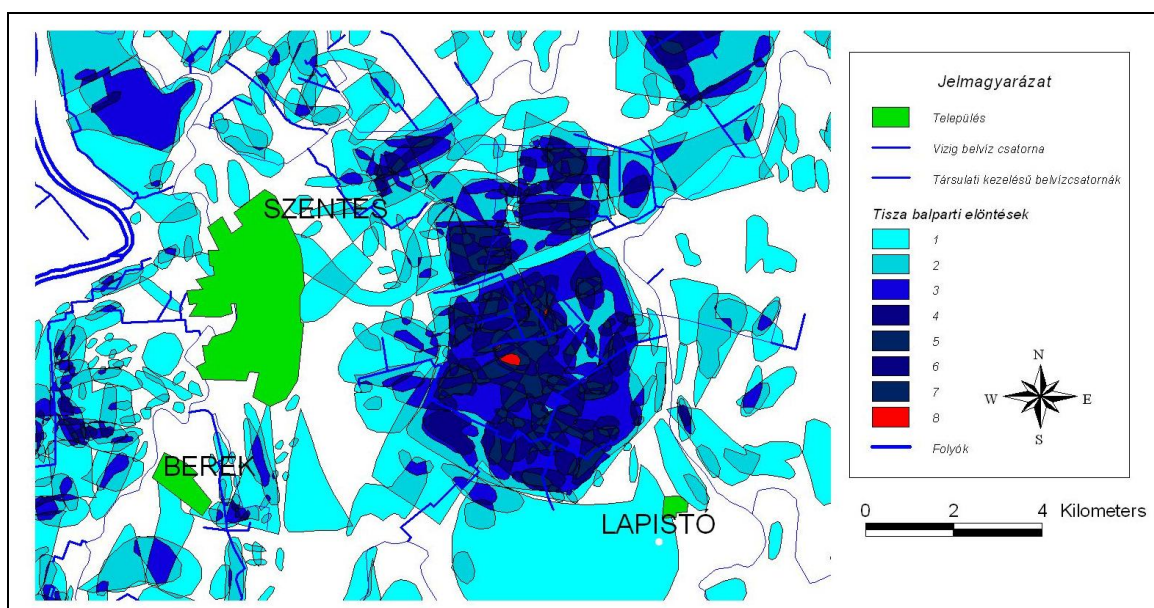


**17. ábra** „Vonal mentén” jelentkező belvízi elöntések

További vizsgálatok annak megállapítására terjedtek ki, hogy meghatározzuk milyen tényezők okozzák a különbségeket.

A „területi” kiterjedéssel rendelkező belvízi elöntéseknél megállapítható, hogy a kis terepeséssel rendelkező területeken ilyen típusú belvízi elöntések dominálnak. Bár ezen a területeken is található kiépített belvízi elvezető csatornahálózat, feltételezhető, hogy ezeken a területeken a belvízi elöntésekben tározott víztömegek összegyülekezése, nem indul meg a befogadó csatornához felé. Az elöntések maximális (regisztrált) kontúrja a területen egyenletesen eloszlást mutat.

A fentiekben részletezett folyamatot szemlélteti a (18. ábra).



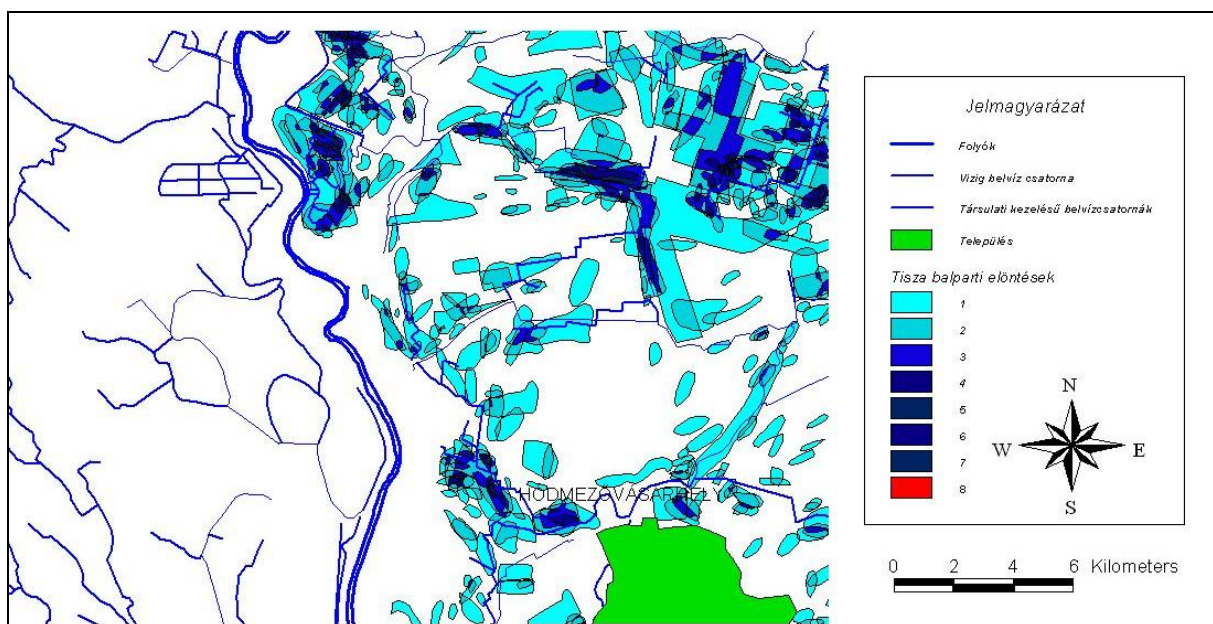
**18. ábra** „Területi kiterjedésű” belvízi elöntések viszonyának szemléltetése a belvízelvezető csatornahálózat nyomvonalához

A belvízi gyakorisági térképre feltüntettem a területen található vízelvezető csatornahálózatot (II. melléklet). A vízelvezető hálózat és az elöntések „vonal” menti koncentrálódásával kapcsolatban megállapítható, hogy a kellő terepeséssel rendelkező területeken a csatornák nyomvonala mentén nő meg a belvizek gyakorisága.

A belvizek összegyülekezési folyamatát vizsgálva megállapítható, hogy az összegyülekezési folyamat a belvízelvezető csatornák nyomvonalánál „megtorpan”. Az összegyülekezett víztömeg a csatorna (mint befogadó) pillanatnyi vízszintjétől függően folyhat be a csatornába. Amennyiben a csatorna magas vízszintje miatt nem képes fogadni a vizeket, úgy azok a levezető csatorna nyomvonala mentén tározódni fognak. A befogadó kapacitását meghaladó

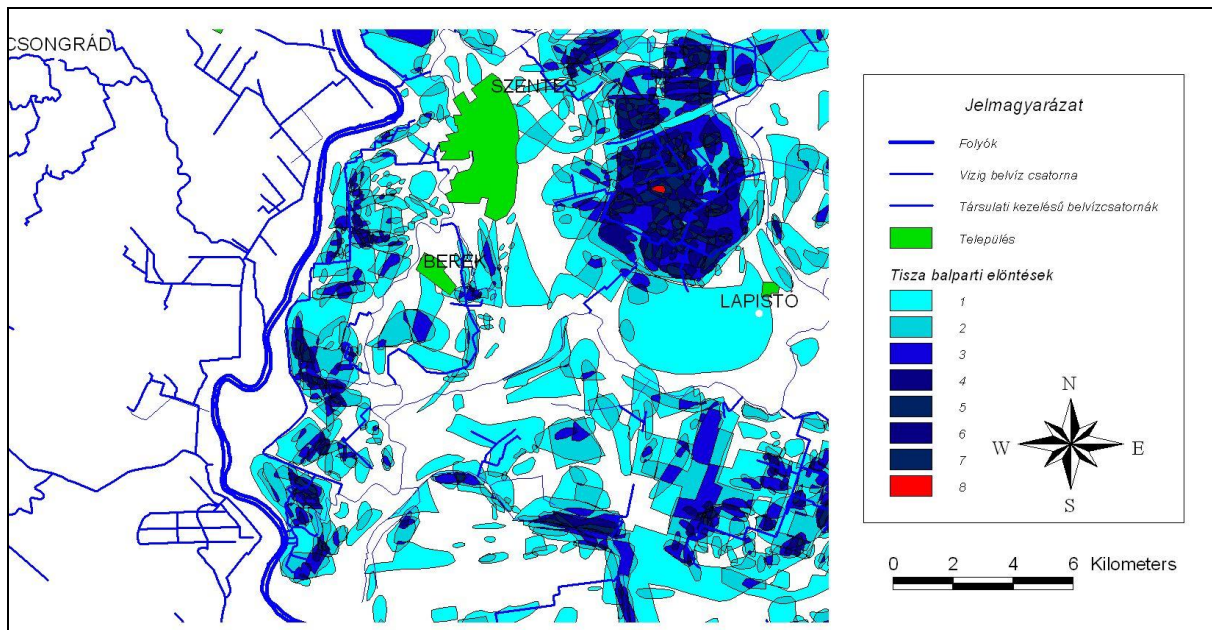


víztömegek tározódni fognak mindaddig, amíg nem képesek befolyni a befogadóba. Ezen jelenséget a szakirodalomban „sorban állási elmélet”-nek nevezett definíció írja le. A „sorban állási elmélet”-et Vágás (1989) közölte, melynek lényege, hogy az összegyülekezett vizek elvezetését, nem az összegyülekezett víz mennyisége, hanem a befogadó állapota, teltsége határozza meg (elvezetési potenciálja). Amennyiben az összegyülekezett víz térfogata nem haladja meg a befogadó vízrendszer tározási kapacitását, akkor a befogadó azt elvezetni képes. Amennyiben az érkező víz mennyisége meghaladja a befogadó tározási kapacitását, úgy a két térfogat közötti különbség tározódni fog, mégpedig a torkolati pontok környezetében, majd a belépési pontoktól kezdődően a betorkolló csatorna mentén a folyásirány mentén haladva visszafelé (19. ábra).



**19. ábra** „Vonal menti belvízi” elöntések viszonya  
a belvízelvezető csatornahálózat nyomvonalához

Ez a folyamat képződik le a torkolati szivattyútelepeknél is, amikor a telep kapacitását meghaladó vízhozamok a torkolattól kiindulva tározódnak az elöntésekben. A tapasztalatok alapján ezen „kényszertározódás”, valamint, az árvízi időszakokban a folyómedrekből származó fakadóvizek (a folyó melletti területeken jelentősebb mértékben) határozzák meg a folyók mentén észlelt gyakori belvízi elöntéseket. (A jelenség leírása először Salamin 1942 dolgozatában található.) Meg kell jegyezni, hogy az árvízi eredetű fakadóvizek – a szivárgási jelenségek hatótávolságának következtében – csak a folyó, illetve az árvízvédelmi töltés 100-300 méteres távolságában észlelhetők, így a belvizek gyakoriságára kifejtett hatásuk is csak ezen sávban érvényesül (20. ábra).



**20. ábra** Belvízi elöntések gyakoriságának megnövekedése a folyó menti területeken

A belvízelvezető rendszerek méretezését, kiépítését az érvényben lévő méretezési elvek alapján végezték el. A méretezési elvek peremfeltétele az volt, hogy a felszínen összegyülekezett vizeket meghatározott időtartam (7-14 nap) alatt a területről a belvízelvezető-csatornák felhasználásával el kell vezetni. A csatornák kiépítésének időszakában az intenzív mezőgazdasági termelés feltételeinek biztosítása érdekében – a növényi kultúra fejlettségi fokának függvényében – a károkozás kialakulása előtt kellett elvezetni. Az érvényben lévő tervezési elvekhez illeszkedve, a belvízi elöntések kialakulását jelentős vízszállító képességgel rendelkező csatornák megépítésével szándékoztak csökkenteni.

A belvízmentesítési feladatok során a mezőgazdasági területek vízborításának csökkentése érdekében, a terepi lejtés viszonyokat meghaladó mértékű fenékeséssel kialakított csatornahálózatok létesültek. A csatornák a belvízi elöntések területi kialakulását jelentősen módosították. *A gyakorisági térképek vizsgálata alapján megállítható, hogy a csatornák nyomvonalai mentén az elöntések gyakorisági értékei megnöttek, s így módon a belvízelvezető hálózat az elöntések súlypontjait „áthelyezte” a csatornák nyomvonalára!* Ezen jelenség következményeinek részletes kifejtése a 9. fejezetben található.

## 9. A belvizek elvezetése során alkalmazott vízkormányzási gyakorlat eredményességének vizsgálata

A belvízelvezető rendszerek a belvízi elöntések által okozott károk csökkentését hajtják végre a víztömegek elvezetésével. A belvízvédekezés hidraulikailag a rövid idő alatt érkező vagy keletkező nagy vízhozamokat azon az áron transzformálja az *elvezetés korlátozott lehetőségei szerinti* hosszabb idő alatt elszállítandó kisebb vízhozamokká, hogy a „sorban állás” elve szerint a „várakozásra” készített vízmennyiségeket a lehető legkisebb károkozás mellett meghatározott helyeken tározza. *A vízelvezetés ütemét nem a belvíz keletkezésének üteme határozza meg, hanem a szivattyúzás beépített vagy felvonultatott gépegységeinek teljesítőképessége.* Amely vízmennyiséget el kell vezetniük, azt tároznunk is kell tudni, vagy ha nem, akkor az magának „keres” majd tározóteret (Vágás 1989).

A fölösleges vizeket Salamin Pál (1942, 1956) szerint mindenképpen el kell vezetni, hiszen a jó vízgazdálkodású talajok sem tartják magukban a káros nedvességet. A mezőgazdálkodási termeléshez szükséges vizeket viszont vissza kell tartani, minthogy ahogyan ezt a természetes vízgazdálkodást elősegítő talajok önműködően is végzik. A beavatkozásoknak ezért rugalmasabbnak kell lenniük, s egyformán biztosítaniuk kell a növényi élethez szükséges vizet a legkülönbözőbb talajokon. A csatornák és a szivattyútelepek szállítóképességének növelésére irányuló kívánság alapvető ugyan (és igen fontos), de ennek kiegészítésére szükség van „rugalmasan kiépített tározó rendszerekre” is, amelyek kielégíthetik egyrészt a termelés megkívánta vízigényeket, másrészt csökkenthetik az elvezető rendszer további kiépítésének egyébként szükséges fokát, vagyis a főcsatornák és az állandó szivattyútelepek méreteit (Vágás 2000).

*Az elmúlt 40 évben a belvíz elleni védekezés súlypontja eltolódott a belvizek elvezetésének gyorsítása irányába. A védekezési tevékenységek tervezésénél a hangsúlyt a belvizek a lehető legrövidebb idő alatti elvezetését határozták meg elérendő célként. A belvízi elöntés, mint térfogattal szemben az elvezetési kapacitásnövelését tartották követendőnek, s a belvízi elöntésekben tárolt víztömegek kezelését csak néhány esetben törekedtek megoldani tározók építésével.*

Egyes tájainkon tapasztalt növekvő vízhiány, valamint Magyarország EU tagságából eredően az Európai Unió Víz Keretirányelve hazai végrehajtásával kapcsolatban felmerült feladat,

hogy a területek természetes, vagy ahhoz közeli – a társadalmi igényekhez igazodó – vízgazdálkodási feltételeiket biztosítsuk a jó ökológiai állapotok megteremtése és fenntartása érdekében, új szemléletet követel. *A belvízi kérdés tározókkal történő megoldásával a terület eredeti levonulási viszonyaihoz illeszkedő rendszerek valósíthatók meg.*

*Ezért épített belvízvédelmi tározók és szükségtározók jelenlegi helyének és üzemrendjének felülvizsgálata szükséges, abból a célból, hogy a képződött belvizeket, a képződés helyén (vagy annak közelében) lehessen tartatni. Törekedni kell arra, hogy a levezető csatornák elvezetési potenciáljának függvényében vezessék el a vizeket. A vizek „helyben tartásának” igazodnia kell az adott vízgyűjtővel szemben támasztott követelményekhez. A követelmények között szerepelnie kell vízkár-elhárítási, vízgazdálkodási és gazdasági megfontolásoknak egyaránt.*

Korábban a belvízi jelenség elleni tevékenység tervezésekor a belvizet indukáló tényezők szempontjából közelítették meg a problémát. Sajnálatosan a vizsgálatok során nem fektettek kellő hangsúlyt a természeti és antropogén eredetű tényezők belvízre gyakorolt hatásának meghatározására. Általában a becsléssel határozták meg a tényezők súlyát. A szakirodalmi adatok alapján az indukáló tényezők mennyiségének vonatkozásában is többféle adatot találunk. A vizsgálatok során nem határozták meg az antropogén tényezők hatásának súlyát a jelenség kialakulásában. Az előbbieken leírt tények, valamint a 8.3. fejezetben bemutatott tapasztalatok alapján feltételezhető, hogy a belvizek keletkezésében az antropogén tényezők – *vízkezelési eljárások*, – pl. lefolyási akadályok el nem távolítása, vízfolyások egymásra hatása, stb. – *hatását külön kell vizsgálni. Azok befolyása a belvizek kialakulására sok esetben meghatározó, a természeti tényezőket meghaladó mértékű, így azok hatásait külön hangsúlyozni szükséges.*

A belvízi jelenségek vizsgálatánál fontos kérdés a vizsgálati egységek méretének helyes megállapítása. Amíg a természeti tényezők vizsgálatát a kisebb egységekből kiindulva végezték és azok alapján következtettek a nagyobb területi kiterjedésű elöntések kialakulására, addig az antropogén tényezők hatásai sokszor csak regionális szinten bizonyíthatók. A megváltozott tájhasználat, továbbá a belvizek elvezetése során alkalmazott vízkezelési eljárások hatásai csak regionális léptékekben érvényesülnek.

*Az eddig ezen témában elkészült vizsgálatok sok esetben keverték a regionális hatású tényezők vizsgálatát a kis kiterjedésű tényezőkkel, ezáltal sok esetben az előre meghatározott végeredmény függvényében kombinálták a paramétereket.*



Megállapítható, hogy a *belvízi elöntések kialakulásában meghatározó szerepet játszik a belvízelvezető csatornahálózat helyszínrajzi vonalvezetése. A megnövekedett gyakoriság miatt a belvízelvezető csatornarendszerek „felülvizsgálata” során törekedni kell az elöntési gyakoriságok természetes eloszlásának „visszaállítására”. Az elöntések károkozása elleni tevékenység súlypontját a lefolyások késletetésére kell helyezni. Amennyiben csak a „főls” vizeket vezetik el, úgy a vízgyűjtők vízforgalmának „kiegyenlítődése” várható. A vízforgalommal kapcsolatban törekedni kell a vízgyűjtő „természetes” vízjárásának visszaállítására. Ezzel kapcsolatban a lefolyások késletetése várhatóan kedvező hatást fejt ki.*

*A lefolyások késletetésénél, kerülni kell a medrekben történő tározás kialakulását. Lehetőség szerint az egymással „soros” kapcsolatban lévő vízelvezető hálózati elemek (csatornák, medertározók) helyett a „párhuzamos” kapcsolatban lévő vízhálózati elemeket kell rendszerbe foglalni. A párhuzamos kapcsolatok például a rendszerbe kapcsolt oldaltározókkal valósíthatók meg.*

*Az oldaltárók biztosítják a szükséges tározó tereket, s azokból a levonulási viszonyokhoz illeszkedve engedhető le a tározott víztömeg. A vízelvezető rendszer csatornáiban a kiegyenlített vízleeresztés miatt kiegyenlítettebb vízjárás alakul ki. A medertározás háttérbe szorításával biztosítható, hogy antropogén hatások – keresztgátak (7. kép) – következtében a vízi életközösségekre gyakorolt kedvezőtlen hatások<sup>22</sup> súlya csökkenjen.*



**7. kép** Keresztgát fényképe (Tripolszky I. felvétele 2000)

<sup>22</sup> A VKI hazai végrehajtásához kapcsolódóan az MTA vízgazdálkodási kutatócsoportjának koordinálásával 2004-ben felmérték a vízfolyásokon található antropogén hatások – keresztgátak, kotrási munkák, stb. – vízi élőlény közösségekre gyakorolt hatásait. Ezen munka keretében megállapították, hogy a vízfolyásokon található medertározási céllal létesített keresztgátak alkalmazott szerkezeti kialakításai akadályozzák a vízi élőlények vízfolyás menti, hosszirányú áramlását.

## **10. A belvizek és a csapadék viszonya**

### **10.1 A belvízi elöntések és a felhalmozódási időszak csapadékviszonyainak kapcsolata**

A belvizek kialakulását meghatározó meteorológiai tényezők közül a csapadék hatását vizsgáljuk részletesen. Ennek szerepét a szakirodalom egybehangzóan meghatározónak tartja a felhalmozódási időszakban. Megállapítható, hogy a téli-tavaszi belvizek kialakulásában a megelőző év negyedik negyedében észlelt csapadékmennyiség meghatározó szerepet játszik. Ezért vizsgálatok során az észlelt belvízi elöntéseket megelőző negyedik negyedévben lehullott csapadékmennyiségek eloszlását is elemeztem.

A belvizeket determináló csapadékok vizsgálatához alapadatokként a havi csapadékösszegeket használtam. A csapadékadatok egyrészt a Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet adatbázisaiban, másrészt az Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság nyilvántartásaiban találhatók. A nyilvántartásokban szereplő csapadék észlelő állomások egyrészt ún. törzsállomások, melyek a térségi vízgazdálkodási feladatok elvégzéséhez szükséges információkat biztosító országos hálózat részei, másrészt a belvízrendszerek vízgazdálkodási kérdéseinek megoldásához szükséges háttér információkat szolgáltató ún. üzemi hálózat részei.

Az észlelés, mind az üzemi és a törzs hálózati állomásoknál napi rendszerességgel történik, általában hagyományos Hellmann-féle csapadékmérő hengerrel. Néhány állomáson alkalmaznak automata üzemben működő, távjelzéssel kommunikáló csapadékmérő berendezést.

A csapadékeszlelő állomások kiválasztásánál fontos feltétel volt, azok adatai hogy lehetőség szerint több belvízi szituációval kapcsolatosan is be lehessen vonni a vizsgálatokba (a belvizes időszakokra rendelkezzenek adatokkal). A csapadékeszlelő állomások kiválasztásánál törekedtem arra, hogy adataikból a vizsgálati területre vonatkozóan csapadék eloszlási térkép szerkeszthető legyen. A vizsgálatokba vont csapadékeszlelő állomások adatait a 4. táblázat tartalmazza:

**4. táblázat** A vizsgálatba vont csapadékszlelő állomások elhelyezkedése

<b>Állomás megnevezése</b>	<b>EOV Y</b>	<b>EOV X</b>
Békéscsaba	805840	149392
Orosháza	774647	136905
Szarvas	765175	169969
Szeghalom	811419	188888
Szentés	743038	147277
Battonya	801492	107332
Csongrád	736785	151890
Hódmezővásárhely	749498	119969
Kistelek	721146	125280
Kiszombor	756455	95202
Makó	759785	96764
Sándorfalva	731320	115526
Ásotthalom	801492	107332

## 10.2. A belvíz relatív gyakoriság területi eloszlás értékeinek vizsgálata a csapadékviszonyok tükrében

A vizsgálatok során a belvízi elöntések kialakulását determináló csapadékösszegek területi eloszlását határoztam meg.

A vizsgálat első lépéseként a belvízi elöntések kontúrjainak mátrixát határoztam meg. Ehhez a DXFPROC<sup>23</sup> programot használtam. A program a vektoros Autocad *dxf* formátumú rajzokból képes az előre beállított raszter osztásnak megfelelően egy numerikus kimeneti mátrixot generálni. A mátrix elemei az abszolút EOVS koordinátákkal jellemzett kiindulási ponttól indulva a beállított  $dy, dx$  növekménnyel előálló tereppontoknak megfelelő  $x, y$  pozícióval rendelkező helyek. Az így meghatározott elemek értéke 0 volt abban az esetben, ha a belvízi elöntési kontúrt megjelenítő vonalláncon kívül helyezkedett el, 1 abban az esetben ha a belvízi elöntést megjelenítő vonalláncon belül (azaz belvízi elöntésben) volt.

A kimeneti mátrix generálását valamennyi belvízi elöntési térkép esetén elvégeztem.

A vizsgálat következő lépéseként a belvízi elöntésekhez tartozó csapadékmennyiségeket határoztam meg. Az állomások adatai alapján meghatároztam a területi átlag értékeket az állomások adatai alapján a belvízi szituációkhoz.

Az így meghatározott csapadék értékeket behelyettesítettem a belvízi elöntési mátrixok „1” értékei helyére. Így az egyes belvízi szituációk vonatkozásában meghatároztam a (feltételezett) belvízi szituációt kiváltó csapadékösszeg „elöntési mátrixát”. Az eljárást valamennyi belvízi szituációra vonatkozóan elvégeztem.

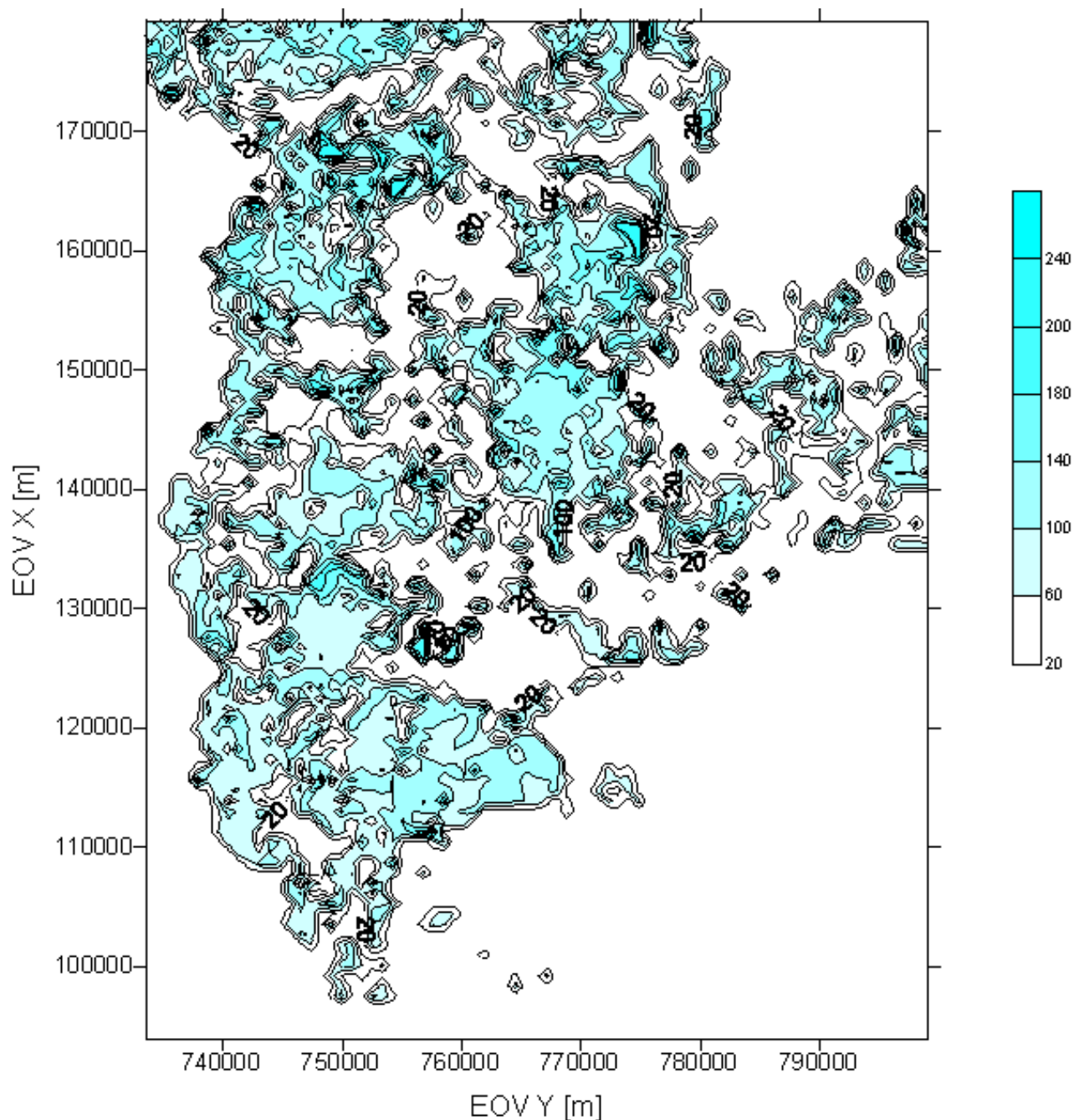
Az így kapott csapadék mátrixok vizsgálatának következő lépésében meghatároztam a mátrix elemeire vonatkozó csapadék maximum, átlag és minimum csapadék értékeket valamennyi belvízi szituációt vizsgálva. Az elemzés során a belvízi szituációk csapadék mátrixainak elemeihez rendelt csapadékvértékek szélsőértékeit és átlagát határoztam meg, valamennyi csapadékmátrix bevonásával.

---

<sup>23</sup> A programot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízgazdálkodási és Vízépítési Tanszékének oktatói fejlesztették ki.

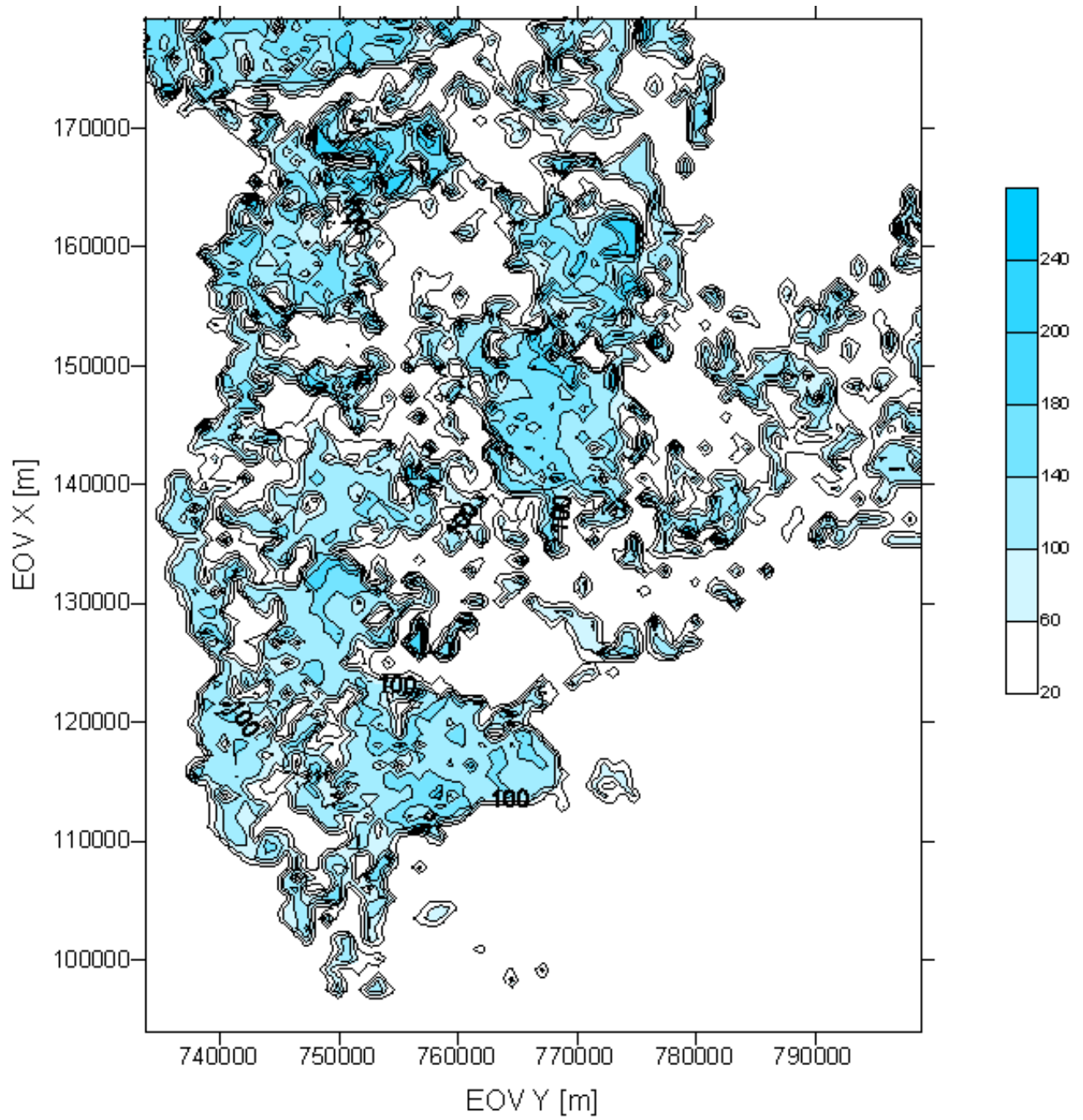
### 10.3. Az együttes vizsgálat alapján levonható megállapítások

A feldolgozás eredményeként kapott mátrixokat az elemekhez tartozó EOY koordináták alapján ábrázoltam. A csapadék minimumok, átlag és maximum értéket alapján meghatároztam az egyes szélsőértékek eloszlását a vizsgálati területen (21-23. ábrák)<sup>24</sup>.



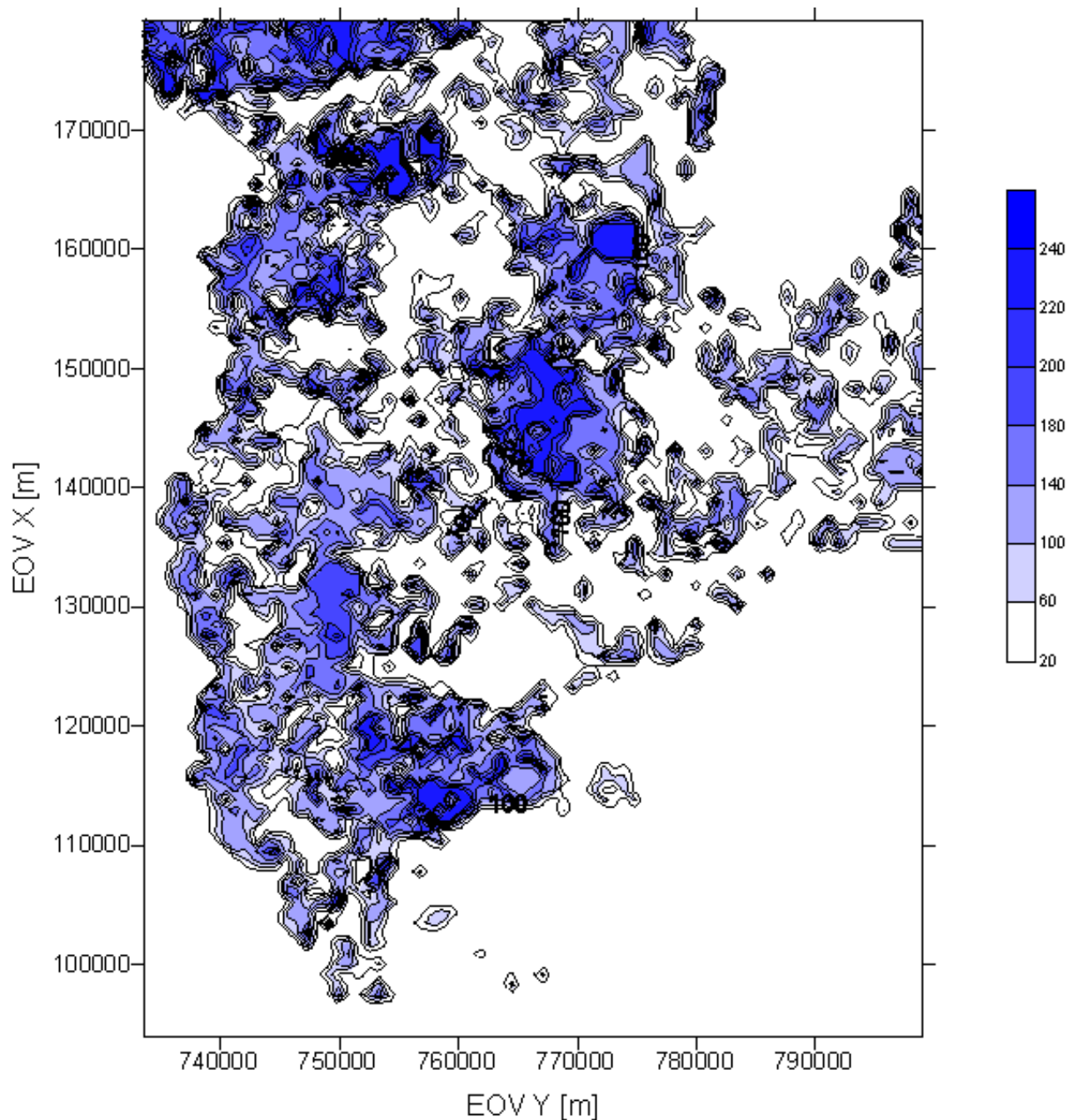
**21. ábra** Belvízi elöntéseket kiváltó csapadék minimumok eloszlása [mm]

<sup>24</sup> Az elkészített eloszlási térképek a belvízi elöntések területére vonatkoztatott csapadék-eloszlást mutatják be, nem a csapadékszélő állomásokra vonatkoztatott eloszlást.



**22. ábra** A belvízi elöntéseket kiváltó csapadék átlagok eloszlása [mm]





**23. ábra** A belvízi elöntéseket kiváltó csapadék maximumok eloszlása [mm]

A 21-23. ábrák szemléltetik, hogy a vizsgálati területen eddig kialakult belvízi elöntéseknél a megelőző év negyedik negyedévi csapadékösszegének átlag- és szélsőértékeinek eloszlása hogyan viszonyult a belvízi elöntések területi kiterjedéséhez. A fenti ábrák a jövőbeli belvízi elöntések kialakulása előtti időszakokban segíthetik a felkészülést a belvízkárok elhárítására. Az aktuális év negyedik negyedévi csapadékösszegének, a vizsgálati területen észlelt belvízi elöntéseket megelőző csapadékösszegek (mint már kialakult belvízi elöntéssel közvetlen

kapcsolatban álló paraméterek) összehasonlításából következtethetünk a következő év első negyedévében kialakuló belvízi elöntésekre.

Az ábrák EOVS koordinátákkal azonosított helyekre vonatkozóan tartalmazzák a belvizeket eredményezett csapadék értékeket.

Az így előállított ábrák felhasználhatók a várható belvízi eseményekkel kapcsolatos feladatok tervezéséhez. A felhalmozódási időszak csapadékösszegének ismeretében, a belvíztől megóvandó objektum, termőterület értékének és EOVS koordinátáinak ismeretében használhatjuk az ábrákat. Amennyiben a vizsgált terület vagy objektum jelentős értéket képvisel, a csapadékösszegek minimális értékeit feldolgozó eloszlás térképet kell használni a vizsgálatokhoz. Amennyiben nagyobb a vizsgált terület esetében a vállalható kockázat, úgy alkalmazhatjuk az átlagos, vagy a maximális csapadékösszegeket feldolgozó térképeket.

A 21–23. ábrák a 8.1. fejezetben vizsgált időszakra kiterjedő elöntési információkat tartalmazzák, de megállapítható, hogy a vizsgálati terület belvízi eseményei közül valamennyi mértékadó szituációra vonatkozó adat feldolgozásra került, így azok használata segítheti a felkészülést és az eredményes belvíz elleni védekezést.



## 11. Eredmények

A belvíz fogalmkörének vizsgálatával kapcsolatban megállapítható, hogy a szakirodalomban nagy számban található a belvízre vonatkozó definíciók, de éppen a fogalmi meghatározások nagy száma arra utal, hogy a jelenség „konszenzusos” meghatározása még napjainkig sem történt meg. Elvértve található csak olyan definíció, mely több tudományterület számára is alkalmazható, s a definíciók nagy része a jelenség természeti jellegétől eltávolodva csupán a tapasztalt következményekkel határozta meg a belvizet. A korábbi definíciók sorát kiegészítendő javaslatom szerint *a belvíz, a talaj olyan víztöbblete, mely egyrészt a talaj felső rétegeit – a levegő kiszorításával – kétfázisúvá teszi, másrészt nagy tömegben a terep lokális mélyedéseiben összefüggő, lefolyás nélküli szabad vízfelszínű elöntéseket eredményez.* Véleményem szerint fontos, hogy a belvizekkel összefüggő károkozásokat a gazdasági jellemzők által determinált nemzetgazdasági peremfeltételek függvényében kell meghatározni és az alapdefiníció szintjén fontos, hogy válasszuk szét a jelenséget és annak következményeit.

A belvizekkel kapcsolatos szakirodalom áttekintése alapján megállapítható, hogy a belvizeket kiváltó tényezők belvizekre gyakorolt hatásaira vonatkozó vizsgálati eredmények nem tekinthetők egyöntetűeknek. Az elkészült vizsgálatok jellemzően csak egy előre kiválasztott szempont alapján vizsgálták a belvizek kialakulását, s nem készültek olyan komplex elemzések, melyek a belvizek kialakulását eredményező természeti és épített környezeti jellemzők hatását együttesen elemezték volna. A belvízi jelenség kialakulásával kapcsolatban, fontos lenne, hogy a tényezők egymásra hatását vizsgáló elemzések készüljenek el.

A belvizek előfordulásával kapcsolatban megállapítható, hogy jellemzően télvégi-tavaszi, nyári és őszi belvizekről beszélünk. Mindhárom időszakban kialakuló belvízi események sajátossága, hogy intenzív csapadék tevékenység eredményeként bekövetkező felszíni lefolyások hatására jönnek létre. A belvízi adatsorok alapján megállapítható, hogy a télvégi-tavaszi belvizek a leggyakoribbak.

A belvizek megjelenésének tekintetében a természeti tényezők közül az alábbiak hatása tekinthető relevánsnak: *meteorológiai tényezők, domborzattal összefüggő adottságok, talajfizikai adottságok, hidrogeológiai adottságok, földtani adottságok.* Legfontosabb szerepe a *meteorológiai tényezőknek* van, mivel egyrészt a belvizek kialakulását megelőző felhalmozódási időszakban a víztömegek akkumulációját segítik elő, másrészt a belvizek

tartósságára gyakorolnak hatást a csapadék-utánpótlás biztosítása révén, harmadrészt a hőmérsékleti viszonyok párolgásra gyakorolt hatásával a belvízi elöntések csökkenését szabályozzák.

A megfelelő *domborzati adottságok* a belvízképződés előfeltételének tekinthetők, hiszen belvizek csak sík vidéken keletkeznek, ott, ahol a vizek szabad és gyors lefolyását a terep kis esése nem teszi lehetővé. A belvíz leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben a környezetüknél alacsonyabb fekvésű, többé-kevésbé lefolyástalan területeken, az ún. laposokban gyülemlik össze. A magasabb területekről ide folynak az ott beszivárogni már nem tudó felszíni vizek.

A *talajfizikai tényezők* szerepe döntően a talaj vízbefogadó-képességében tükröződik, mint a belvízképződés fontos befolyásoló tényezője. Minél nagyobb a talaj szabad hézagterfogata, annál több vizet képes befogadni, azaz annál kevésbé valószínű a belvízi elöntések kialakulása.

A *hidrogeológiai elemek* közül a *talajvíz vertikális elhelyezkedése* befolyásolhatja a felszínen összegyűlt vizek függőleges irányú mozgását. A megemelkedett talajvíz megakadályozhatja a felszíni víz beszivárgását a mélyebb rétegek felé, ezáltal az elöntések kialakulását eredményezheti.

A *földtani tényezők* kapcsolatban vannak a talajtaniakkal, mivel tovább bonyolítják azt a változatos, tarka képet, ami a talajtérképekről elének tárul. A sekélyföldtani adottságok – a domborzati viszonyokkal összefüggésben – regionális méretekben szabják meg a talajba jutó víz további sorsát, a talajvíz elhelyezkedését és mozgását, sőt esetlegesen időszakos felszínre törését. A földtani adottságok közül a belvízképződés szempontjából nagyon fontos pl. a rétegek vízáteresztő-, illetőleg vízzáró képessége.

A belvizek kialakulását elősegítő fontosabb antropogén tényezők: a *vízrendezési beavatkozások* (belvíz-csatornázottság, melioráltság), az *agrotechnológia* elemeinek hatása a belvizek kialakulására (öntözés, agrotechnika, termesztett növénykultúra), a *területhasználat* megváltozásával összefüggően fellépő hatások (pl. beépítettség változása, belterületek növekedése, útépitések).

A *vízrendezés* és meliorációs munkák számottevően módosítják a belvízképződés feltételeit, mert megvalósításuk célja az értékes agrikultúrák megóvása. A belvízcsatornák hálózata – szükség szerint szivattyútelepekkel és tározókkal kiegészítve – lehetőséget biztosít a belvizek folyamatos elvezetésére, így megakadályozható azok túlzott fölszaporodása, szétterülése.

Az *agrotechnológiai elemek* közül az *öntözés* hatásaira vonatkozóan a tapasztalatok megoszlanak. Több esetben is valószínűsítették, hogy az öntözés során a talajba bejutatott

vízmennyiség hozzájárulhat a belvízi jelenségek kialakulásához. A tapasztalatok azonban ezen feltételezést kellően nem igazolták. Viszont az öntözéssel kapcsolatosan a talajvíz (vagy az azzal szorosan összefüggő rétegvíz) túlzott kitermelése, a talajvízszint tartós süllyedését okozva a belvizek gyakoriságának csökkenését idézi elő.

Az intenzív *agrotechnológiai módszerek* megfelelő alkalmazása a talaj víztározó képességének növelését eredményezheti. A talaj víztározó-képességének növekedése a belvizek kialakulásának csökkését indukálhatja.

A *területhasználat változása* a gyorsabb lefolyás (beépített területek növekedése döntően a belterületeken, szilárd burkolatú útpályák hosszának megnövekedése) és beszivárgást lehetővé tevő felszínek csökkenésén keresztül hatnak a belvízképződésre. A beépítettség, illetve a burkolt felületek nagyságának növekedésével az összegyülekezés és a lefolyás gyorsabbá vált. Ily módon a gyorsabb összegyülekezés miatt jelentős vízelvezetési problémák adódtak még olyan területeken is, ahol korábban nem voltak problémák a belvizek elvezetésével.

A *települések belterületének* növekedésénél (a szennyvíz- és csapadékvíz-elvezető hálózat hiányában) az elszikkasztott csapadékvizek és szennyvizek növelik a talaj nedvességtartalékát, tartósan megemelik a talajvíz szintjét, ezáltal elősegítik a talaj túltelítődését és a felszíni vízborítások kialakulását.

A belvizek kialakulása során meghatározó szerepet játszanak a belvizek kialakulásának „útvonalai”. Ez két „megközelítési irányt” jelent. Egyrészt a belvizek kialakulása jellemezhető a *horizontális* megközelítési iránnyal. A *horizontális* útvonalnál meg lehet különböztetni a természetes lefolyás hatására létrejövő belvízi elöntéseket (amikor a lokálisan lefolyástalan területeken keletkezett elöntésekben tározott víztömegek a gravitációs erő hatására megindulnak az alacsonyabban elhelyezkedő területek felé), illetve az antropogén beavatkozások hatására mozgó vizeket (ilyenkor a vízgyűjtő valamely – az elöntések szempontjából – kiemelten érzékeny területét tehermentesítik, oly módon hogy az ott felgyülekező víztömegeket, előzetesen kiválasztott, kevésbé érzékeny területeken tározzák).

Megállapítható, hogy *amennyiben az elöntések kialakulásában megjelenik a horizontális áramlási irány, akkor a belvíztömeget képződését kiváltó természeti tényezők hatása már nem a végleges belvízi elöntés helyére vonatkozik. A belvizek ilyen irányú kialakulása során az elöntések helyének kialakulását nem a természeti tényezők, hanem a víztömegek áramlási irányában található mély fekvésű területek helyzete határozza meg.*

A *vertikális út* két „megközelítési irányt” reprezentál. Az összegyülekezési típusú belvizek kialakulása a felszíntől kiindulva indul meg. Ebben az esetben a felszínre került vizek lefolyását, elszivárgását klimatikus, szemcseméreti vagy domborzati okok átmenetileg akadályozzák. A vertikális megközelítés másik esete, amikor – speciális hidrogeológiai peremfeltételek teljesülése esetén – a feltörő, felszivárgó (réteg- vagy talajvíz eredetű) belvizek a Darcy-törvény által meghatározottan a felszín alól, a felszín alatti vizek nyomásviszonyai alapján jutnak a talajra (ekkor közvetlenül nem a felszíni csapadékból táplálkoznak ugyan, de közvetetten csapadék eredetük nem vitatható).

Azt, hogy egy adott térségben ténylegesen keletkezik-e belvíz, és az mekkora kiterjedésű lesz, egyrészt a természeti és antropogén tényezők – mint időben állandó adottságok – függvénye, másrészt a mindenkori körülmények (a csapadék- és hőmérsékleti viszonyok), az ezek nyomán változó talajvízszint, továbbá a talaj „pillanatnyi” agrotechnikai állapota és a belvízvédekezés hatékonysága szabják meg.

A belvízelöntések következtében kialakuló károkozás a belvízzel fedett területen található növényi kultúra fejlettségi szintjétől függ. A tavaszi belvizek idején a kevésbé fejlett növényi kultúrák hosszabb ideig képesek eltűrni a vízborítást, így ekkor kisebb a kárérzékenység. A nyári belvizek viszont bár kisebb területeket érintenek, mégis nagy károkat képesek előidézni, hiszen a kifejlett növényi kultúra csak igen kis mértékben képes tolerálni az elöntéseket. A nyári belvizek a belterületeken is jelentős károkkal járhatnak a nem megfelelő vízelvezetési kapacitások következtében.

A belvíz mennyiségi jellemzőinek kutatása során egy mintaterületen értékeltem a területi elöntések és az azokból valószínűsített elvezetések (elfolyások) kapcsolatát, melyet a terület belvízi jelleggörbéjével lehet jellemezni. Az elemzések során meghatároztam a vizsgálati terület belvízi jelleggörbáját, mely az alábbi polinomiális formulával írható le:

$$Y = B_2 X^2 + B_1 X + A$$

ahol:  $X$  = fajlagos elöntés [ $\text{ha}/\text{km}^2$ ]

$Y$  = fajlagos lefolyás [ $\text{mm}/\text{ó}$ ]

$B_2$  = -0,002 [ $\text{ha}/\text{km}^2$ ]

$B_1$  = 1,044 [ $\text{ha}/\text{km}^2$ ]

$A$  = 4,734 [ $\text{ha}/\text{km}^2$ ]

A belvízi jelenségeket jellemző mennyiségi mutatók vizsgálata alapján meghatározott jelleggörbe lehetővé teszi a mennyiségi mutatók ellenőrzését és javítását, illetve szükség esetén azok pótlását.

A mennyiségi jellemzők gyakorisági felületeinek vizsgálatából megállapítottam, hogy az 5 mm/ó ( $\text{ha/km}^2$ ) értéknél nagyobb, valamint a 2,5 mm/ó ( $\text{ha/km}^2$ ) értéknél kisebb tartományokban az észlelt adatok megbízhatóságát tovább kell növelni (ezekben a kérdéses tartományokban nagy gondossággal kell végezni az észlelést). A 0,5 mm/ó ( $\text{ha/km}^2$ ) értéknél kisebb tartományban nagyobb hangsúlyt kell biztosítani a lefolyási értékek szabatos mérésére, ami kiépített vízmennyiségi monitoring állomások telepítésével oldható meg. A tartományok tekintetében a szabatos mérési eljárásokkal (GPS, távérzékelés) meghatározott előntési kontúrok biztosíthatják a szükséges pontosságot.

A vizsgálati területre vonatkozóan megállapítható, hogy a belvizek legnagyobb gyakorisággal a téli-kora tavaszi hónapokban, a hóolvadás időszakában alakulnak ki. Ezen időszakban az előntött terület néhány napon belül elérheti a csúcserőértéket, amelyet azután csak lassú „apadás” követ. A belvízképződés több hullámban megismétlődhet. A nyári belvizek kialakulásának valószínűsége kisebb, míg az őszi belvizek a legritkébbak.

A fajlagos belvízi előntések valószínűségi felületének vizsgálata alapján megállapítható, a legnagyobb belvízi előntések december és március közötti fordultak elő ( $>2,5 \text{ ha/km}^2$ ). A vizsgálati adatok alapján meg kell említeni, hogy a kisebb belvízi előntések ( $<1 \text{ ha/km}^2$ ) az év során gyakorlatilag azonos (nullától különböző) valószínűséggel fordultak elő. Érdekes, hogy ezen megállapítást nem támasztják alá a gyakorlati tapasztalatok. Valószínűleg a belvízi előntések nem kellő körültekintéssel végzett minősítése és felmérése miatt tapasztalható az adatokban ezen anomália.

A belvízi előntésekből származó lefolyási csúcsok valószínűségi felületének vizsgálata alapján megállapítható, hogy *jelentősebb (2–4 mm/ó közötti) lefolyási értékek nagyobb értéke a február és május közötti időszakban fordul elő. A nyári hónapokban csak július hónapban tapasztalható nagyobb lefolyási érték. Az őszi folyamán pedig október és november során észleltetek nagyobb lefolyásokat (1–3 mm/ó közötti értékekkel).*

A havi lefolyás csúcsok és a fajlagos elöntési maximumok valószínűségi felületeinek különbség felületének vizsgálata azon megfontolást alkalmaztam, *hogy amennyiben az adott hónapban található fajlagos elöntési maximumokból keletkezik a havi lefolyási csúcs, úgy az elöntési és elvezetési felületek különbsége az adott valószínűségi kategóriában közelít a nullához. Következésképpen a két felület különbségének minimum helyeinél az elöntések és az azokból keletkező lefolyások közötti késleltetés nélküli kapcsolat bizonyítottan tekinthető. A különbség mértékéből arra lehet következtetni, hogy az elöntések és elvezetések közötti kapcsolatban késleltetés áll elő, vagy egyéb ok miatt nő meg a valószínűségi differencia. Amennyiben a különbség pozitív, úgy a lefolyással párhuzamosan nem alakul ki elöntés, amennyiben viszont a különbség negatív úgy az elöntésből nem alakult ki lefolyás. A különbség értékek alapján megállapítható, hogy a január és március közötti időszakban az elöntési maximumok egybeesnek az elvezetési maximumokkal, tehát az ezen időszakban keletkező elöntésekből keletkeznek a maximális lefolyások. A különbségi felület alapján megállapítható (tekintettel arra, hogy a különbség pozitív előjelű), hogy a március és május közötti időszakban a lefolyási szélső értékek nem rendelkeznek elöntési szélső értékekkel. Valószínűsíthető, hogy az ezen időszakban lehullott csapadékkal egyensúlyt képes tartani a vízelvezető rendszer – azaz a lefolyás dinamikája összhangban van a csapadékpótlódás dinamikájával, így nem keletkeznek elöntések.*

Mind a belvízi jelleggörbe, mind a belvízi mennyiségi jellemzők vizsgálatából megállapítható, hogy *a kis belvízi elöntések és a kis lefolyások tartományában az adatok megbízhatóság kétséges. A tájegység sajátossága, hogy a legnagyobb elöntések és lefolyások január és március között jelentkeznek. Éppen ezért a gyakorlat számára fontos, hogy a belvízelvezető rendszer valamennyi eleme ezen időszakra képes legyen feladatát teljesíteni. A tájegység további sajátossága, hogy a nyár közepén lefolyási maximumra lehet számítani. A Tisza balparti belvízi tájegység jellemzője szintén, hogy késő őszi hónapoktól kezdődően a lefolyás folyamatosan csökken.*

*A rendszer – tekintettel a késő őszi felhalmozódási időszakra – lehetőséget biztosít hosszabb idejű kiegyenlítéssel működő víztározók működtetésére. Ezen tározókkal a lefolyásban tapasztalt szélsőségek enyhíthetők a vízhiányos időszakban.*

*Jövőbeni fejlesztési célként körvonalazódik a belvízi elöntések és a lefolyások szabatos mérésének megoldása is, minél szélesebb körben.*

A belvizek kialakulásának területi minősítésére alkalmazzák a belvív-veszélyeztetettség fogalmát. A belvízi veszélyeztetettség területi eloszlását bemutató (1980-ban készült) térkép elkészítése során az azt megelőző időszak belvízi elöntéseinek relatív gyakoriságát bemutató térképet összevetették a domborzati, talajtani, földtani és talajvíz térképekkel, illetve azok egyszerűsített, a belvívveszélyt kiemelő változataival, valamint a topográfiai térképekkel, amelyek tartalmazták többek között a vizenyős területeket, a vízelvezető csatornákat. A térkép egyedülálló értéket képviselt, hiszen azt megelőzően nem készült az alföldi területek belvízi veszélyeztetettségét átfogóan feldolgozó térképi anyag. Meg kell azonban jegyezni, hogy *a természeti tényezők egymásra, illetve az elöntések kialakulására gyakorolt hatását szakirodalmilag nem tárták fel egyértelműen*, s így az egyes tényezők (esetlegesen) nem kellő súllyal történő figyelembe vétele *csökkentheti az ez alapján elkészített előrejelzések hatékonyságát*. Napjainkig sem vizsgálták meg valamennyi természeti és antropogén tényezőnek a belvizek kialakulására gyakorolt hatását. Valószínűleg ilyen elemzés csak abban az esetben hozna eredményeket, ha a belvízi elöntéseket azok eredete szerint külön vizsgálat alá vonnánk. Ilyen tárgyú vizsgálat elvégzésére jelen munkában nem volt lehetőségem, de tapasztalataim szerint feltétlenül indokolt további elemzések elvégzése a jövőben.

Fontos lenne továbbá, hogy *a jövőben a belvív-veszélyeztetettség mértékének megállapítása a belvív által okozott kár függvényében történjen*. Természetesen a belvízi kár fogalmának társadalmi konszenzus eredményeként kellene megszületnie, így a belvív-veszélyeztetettség is a társadalom elvárásainak függvényében fogalmazódna meg.

A belvízi veszélyeztetettség fogalmát meg kell különböztetnünk a tényleges belvívveszélytől. A tényleges belvívveszély a belvízi veszélyeztetettségtől nem függetlenül, de időben nagy szélsőségek között ingadozhat. A kialakult belvívborítást előidéző időjárási körülmények regionális méretekben általában nagy területi egyenlőtlenséget mutatnak, ezért a tényleges belvízi elöntés általában lényegesen kisebb, mint a belvízzel veszélyeztetett teljes terület.

A belvizek kialakulására ismeretlen hatású tényezők alapján meghatározott belvív-veszélyeztetettségi érték helyett *eredményesebb a belvízi elöntések, mint tény adatok vizsgálatából következtetéseket levonni*. Magyarországon viszont jelenleg nincs olyan térképi információkon alapuló, térinformatikai alkalmazás, mely az észlelt elöntési kontúrokat országos összesítésben tartalmazná. A későbbi vizsgálatokkal kapcsolatosan indokolt lenne, hogy a belvízi elöntési információkkal rendelkező szervezetek az ilyen tárgyú adataikat megfelelő módon archiválják, és azokra alapozva a gyakorisági térképeket elkészítsék.

A mintaterületre készített belvízi elöntések gyakorisági térképe alapján megállapítható volt, hogy annak mintegy ötöde már legalább egy alkalommal elöntés alá került. A terület egy százaléka legalább öt alkalommal került elöntés alá, de vannak olyan belvízjárta területek is, melyek nyolcszor kerültek víz alá. Ez alapján a térség belvízi viszonyainak alapos megismerése elengedhetetlen a térség fejlesztése céljából. A belvízzel leggyakrabban járt területek Szentes és Hódmezővásárhely térségében helyezkednek el.

A vizsgálati területen találhatók olyan belvízzel nagy gyakorisággal érintett területek, melyek „nagy területi” kiterjedésűk, míg másik csoportjuk „vonal menti” kiterjedésű. A „nagy területi” kiterjedéssel rendelkező területek az enyhe terepesésű területek jellemzője. Ezeken a területeken az összegyülekezési folyamat során az elöntésekben tározott víztömegek nem indulnak meg a mélyebben elhelyezkedő területek irányába, s az elöntések területi megjelenése egyenletes képet mutat. Az elöntések „vonal” menti koncentrálódásával kapcsolatban viszont megállapítható, hogy a kellő terepeséssel rendelkező területeken a csatornák nyomvonala mentén a belvizek gyakorisága megnő. A belvizek összegyülekezési folyamatát vizsgálva megállapítható, hogy az módosul a befogadó csatornák vízbefogadási kapacitásának függvényében. *Amennyiben a csatorna magas vízszintje miatt nem képes fogadni a vizeket, úgy azok a levezető csatorna nyomvonala mentén tározódni fognak.* (A befogadó kapacitását meghaladó víztömegek tározódni fognak mindaddig, amíg nem képesek befolyjni a befogadóba.) *Az összegyülekezett vizek elvezetését, nem az összegyülekezett víz mennyisége, hanem a befogadó állapota, teltsége (elvezetési potenciálja) határozza meg.* Amennyiben az összegyülekezett víz térfogata nem haladja meg a befogadó vízrendszer tározási kapacitását, akkor a befogadó azt elvezetni képes. *Amennyiben az érkező víz mennyisége meghaladja a befogadó tározási kapacitását, úgy a két térfogat közötti különbség tározódni fog, mégpedig a torkolati pontok környezetében, majd a belépési pontoktól kezdődően a betorkolló csatorna mentén a folyásirány mentén haladva visszafelé.* Ilyen folyamat képződik le a torkolati szivattyútelepeknél is, amikor a telep kapacitását meghaladó vízhozamok a torkolattól kiindulva tározódnak az elöntésekben. *A belvizek csatornák menti nagy gyakorisági értékei valószínűsítik, hogy az eddig alkalmazott belvízelvezető hálózatokra méretezési elvek további pontosításra szorulnak,* hiszen a kiépített csatornahálózat módosította a belvízi elöntések gyakoriságának eloszlását, az elöntések gyakorisági értékei a csatornák mentén megnövekedtek.



A belvízi elöntések térképi feldolgozásához kapcsolódva meg kell állapítani, hogy a terepi felmérési fázisnál egységes módon be kell vezetni a korszerű távmérési eljárásokat, illetve a GPS technológián alapuló felmérési módokat (az eddig alkalmazott mérési módszerek felváltására). A korszerű felmérési eljárásokkal, egyrészt egyszerűsödik a felmérés, másrészt azok megbízhatósága növekszik, továbbá az elöntési kontúrok további archiválása is könnyebbé válhat.

Az elmúlt 40 évben a belvizek elleni védekezés súlypontjában azok elvezetésének gyorsítása volt. A gyakorisági térkép alapján viszont belátható, hogy a méretezési elvek korszerűsítése elengedhetetlen, hiszen a „befolyásolt” összegyülekezési elmélet, már nem teszi lehetővé az eddig alkalmazott méretezési eljárások használatát. *A belvízelvezető csatornák mentén regisztrált nagy gyakoriságú elöntések miatt belátható, hogy a belvíz elleni intézkedések módosításra szorulnak. Az eddigi elvezetési prioritások helyett a vízgyűjtőn újra meg kell határozni a belvízzel kapcsolatos érzékenységi kategóriákat.* Az érzékenységi kategóriák meghatározásához a (területhasználattal összefüggő) gazdasági elemzések eredményeit is figyelembe kell venni.

Az EU Víz Keretirányelvének magyarországi végrehajtásával összhangban törekedni kell a vízgyűjtők fenntartható vízgazdálkodási viszonyainak biztosítására. Törekedni kell a kis vízgyűjtőterületek vonatkozásában is a kedvező vízgazdálkodási viszonyok megteremtésére, a vízkészletek „helyben tartására”. A fenti cél teljesítését szolgálhatják olyan később létesítendő tározók, amelyek oldaltározós kialakításukkal egyrészt biztosítják a vízkészletek megőrzését, másrészt tehermentesíthetik az elvezető csatornahálózatot.

A belvízképződés további vizsgálata szempontjából fontos, hogy a fentiek alapján a belvizek elvezetése során vegyék figyelembe az alkalmazott vízkormányzási eljárások (mint antropogén tényező) hatásait. Megállapítható, hogy a belvizeket indukáló természeti és antropogén tényezők hatásait egymástól elkülönítve kell vizsgálni. Az antropogén tényezők (akár meghatározó szituációkban is) a természeti tényezőket meghaladó mértékben képesek belvízi elöntéseket okozni.

A belvízi jelenségek vizsgálatánál fontos kérdés a vizsgálati egységek méretének helyes megállapítása. Általában a természeti tényezők vizsgálatát a kisebb egységekből kiindulva végezték és azok alapján következtettek a nagyobb területi kiterjedésű elöntések

kialakulására, viszont az antropogén tényezők hatásai csak a regionális szinten bizonyíthatók, ugyanis a megváltozott tájhasználat, továbbá a belvizek elvezetése során alkalmazott vízkormányzási eljárások hatásai csak regionális léptékekben érvényesülnek.

A belvízi elöntések kialakulásában – a kialakult belvízi elöntések gyakorisági térképe alapján – meghatározó szerepet játszik a belvízelvezető csatornahálózat vonalvezetése. A megnövekedett gyakoriság miatt el kell végezni a belvízelvezető csatornarendszerek „felülvizsgálatát”. A vizsgálat során törekedni kell az elöntési gyakoriságok természetes eloszlásának „visszaállítására”. *Az károkozás elleni tevékenység súlypontját a lefolyások késleltetésére kell helyezni.* Amennyiben csak a „főlös” vizeket vezetik el, úgy a vízgyűjtők vízforgalmának „kiegyenlítődése” várható. A vízforgalommal kapcsolatban törekedni kell a vízgyűjtő „természetes” vízjárásának visszaállítására, amellyel kapcsolatban a lefolyások késleltetése várhatóan kedvező hatást fejt majd ki.

Törekedni kell arra is, hogy a belvízi víztömegek kezelésére tározókat létesítsenek, lehetőség szerint az elöntés közelében. A vízkészletekkel való gazdálkodási folyamatokat ki kell terjeszteni a „vízbő” (belvízi) időszakokban rendelkezésre álló hasznosítható vízkészletekre is. *A lefolyások késleltetésénél, kerülni kell a medrekben történő tározás kialakulását. Lehetőség szerint az egymással „soros” kapcsolatban lévő vízelvezető hálózati elemek (csatornák, medertározók) helyett a „párhuzamos” kapcsolatban lévő vízhálózati elemeket kell rendszerbe foglalni.* (A párhuzamos kapcsolatok például a rendszerbe kapcsolt oldaltározókkal valósíthatók meg.) Az oldaltározók biztosítják a szükséges tározó tereket, s azokból a levonulási viszonyokhoz illeszkedve engedhető le a tározott felesleges víztömeg. A vízelvezető rendszer csatornáiban a kiegyenlített vízleeresztés miatt várhatóan kiegyenlítettebb vízjárás alakul majd ki. A medertározás háttérbe szorításával biztosítható, hogy antropogén hatások (például keresztgátak) következtében a vízi életközösségekre gyakorolt kedvezőtlen hatások súlya is csökkenjen.

A belvizeket befolyásoló csapadékösszegek vonatkozásában meghatároztam a belvizek felhalmozódási időszakában észlelt csapadékösszegek (átlag- és szélsőértékek) eloszlását. Az elkészített ábrák felhasználhatóak a várható belvízi eseményekkel kapcsolatos vízkárelhárítási feladatok tervezéséhez (a felhalmozódási időszak csapadékának ismeretében, a belvítől megóvandó objektum vagy termőterület értékének és EOV koordinátáinak ismeretében használhatóak a mellékelt ábrák).

## 12. Tézisek

1. A belvízi jelenséggel kapcsolatban a szakirodalmi hivatkozásokban található megfogalmazások nem adnak teljes képet a jelenségről. A belvíz fogalmának meghatározása a szakirodalmi hivatkozásokban sok esetben elválk a jelenség természeti jellegétől és a keletkező károkozások szemszögéből definiálják a jelenséget. Fontos, hogy a belvíz meghatározására, a jelenség természeti jellegére utaló, az érintett tudományterületek által használható meghatározás születhessen. A belvíz fogalmának meghatározására az alábbi definíció használatát javaslom: *a belvíz, a talaj olyan víztöbblete, mely egyrészt a talaj felső rétegeit – a levegő kiszorításával – kétfázisúvá teszi, másrészt nagy tömegben a terep lokális mélyedéseiben összefüggő, lefolyás nélküli szabad vízfelszínű elöntéseket eredményez.*
2. A belvizek kialakulásában meghatározó szerepet játszanak a belvizek „kialakulási útvonalai”. A belvizek kialakulása horizontális és vertikális összegyülekezési útvonalakkal szemléltethető. A vertikális útvonalak egyrészt jelenthetnek az összegyülekezés alapján a talajfelszínről meginduló - és a mélyebb talajrétegek fizikai állapota miatt elöntéseket okozó – áramlási irányokat. A vertikális megközelítés másik alternatívája, mikor a feltörő, felszivárgó (réteg- vagy talajvíz eredetű) belvizek a felszín alól, a felszín alatti vizek nyomásviszonyai alapján jutnak a talajra, és közvetlenül nem a felszíni csapadékból táplálkoznak. *Megállapítható, hogy amennyiben az elöntések kialakulásában megjelenik a horizontális áramlási irány, akkor a belvíztömeget képződését kiváltó természeti tényezők hatása már nem a végleges belvízi elöntés helyére vonatkoznak, a képződés helyén megjelenő elöntések valamely másik területen képződött víztöbblet eredményeként jöttek létre. A belvizek ilyen irányú kialakulása során az elöntések helyének kialakulását nem csak a természeti tényezők, hanem a víztömegek áramlási irányában – természetesen elhelyezkedő, vagy mesterségesen oda irányított – található mély fekvésű területek helyzete határozza meg.*

3. A vízgyűjtőkön bekövetkező belvízi események a belvízi fajlagos elöntések és az azokhoz kapcsolható lefolyási csúcsok közötti kapcsolattal jellemző, melyet a belvízi jelleggörbe szemléltet. A jelleggörbe alkalmazása *lehetőséget nyújt, a belvízi elöntési és elvezetési adatok megbízhatóságának növelésére, az adatok folyamatos ellenőrzésének biztosításával. A jelleggörbe lehetőséget biztosít a lefolyási maximumok előrejelzésére az elöntési csúcsok ismeretében, ezáltal a szükséges védekezési előkészületeket meg tudják tenni a várhatóan lefolyásra kerülő vízmennyiségek levezetésére. A vizsgálati területre jellemző görbe az alábbi formulával írható le:*

$$Y = B_2 X^2 + B_1 X + A$$

$Y$  = maximális lefolyás [mm/ó]

$X$  = fajlagos elöntés [ha/km<sup>2</sup>]

$B_2$  = -0,002 [ha/km<sup>2</sup>]

$B_1$  = 1,044 [ha/km<sup>2</sup>]

$A$  = 4,734 [ha/km<sup>2</sup>]

*A fajlagos elöntések és a lefolyási csúcsok vizsgálata alapján megállapítható, hogy az 5 mm/ó és az 5 ha/km<sup>2</sup> alatti tartományban az összefüggés a változók kapcsolatának bizonytalansága miatt nem ad megbízható eredményt. Az adatok ezen tartományba eső részének pontatlansága a szabatos felmérési módszerek anyagi fedezetének hiányára vezethető vissza.*

4. A fajlagos elöntések valószínűségi felülete alapján megállapítható, a vizsgálati területen *a legnagyobb belvízi elöntések a december – március közötti időszakban következtek be. Jellemző, hogy az év során gyakorlatilag azonos valószínűséggel alakultak ki 1 ha/km<sup>2</sup> alatti fajlagos elöntések. Feltételezhető, hogy a kisebb belvízi elöntések esetében a nem kellő körülményekkel végzett felmérési munkákban (becslésekben) jelentkező pontatlanságok is befolyásolják ezt az eredményt.*
5. A havi lefolyási csúcsok valószínűségi felülete alapján megállapítható, hogy a vizsgálati adatok *meghatározóan a természetes belvízképződési időszakoknak megfelelő eloszlást mutatnak. A belvízjárás éven belüli ciklikusságát követik az adatok 2-4 mm/ó közötti tartományában elhelyezkedő értékei.*

*Az adatok mintegy 40 % valószínűséggel vesznek fel 2-4 mm/ó közötti értékeket február – május közötti időszakban (ez egybeesik a tipikus télvégi – tavaszi belvízi időszakkal).*

*A nyári lefolyási maximumok gyakorlatilag július hónapra korlátozódnak. Az őszi folyamán október – november közötti időszakban fordultak elő nagy valószínűséggel jelentősebb lefolyások, azonban ezek 1 – 3 mm/ó közötti tartományra korlátozódtak.*

*A január – március közötti időszakban érik el lefolyási értékek a maximumaikat. A tájegységben tehát legnagyobb lefolyási értékek január – március között alakulnak ki, majd ezt követik a március – május közötti lefolyások.*

6. *A lefolyási csúcsok és az elöntési maximumok valószínűségi felületeinek különbsége alapján megállapítható, hogy a valószínűségi differencia értékek a 3 – 5 [mm/ó illetve ha/km<sup>2</sup>] közötti tartományokban az év elején gyakorlatilag nulla közeli. Ezek alapján kijelenthető, hogy az elöntések év elejei (január – márciusi) maximális értékei egybeesnek a lefolyási csúcsok ezen időszakra vonatkozó legnagyobb értékeivel. Ezek alapján tehát az időszakban keletkezett elöntésekből, még ezen időszak során jelentkeznek a legnagyobb lefolyások is. A március – május közötti időszakban jelentkező lefolyási értékekhez nem társulnak elöntési értékek. Megállapítható, hogy ezekben az időszakokban a lehullott csapadékkal egyensúlyt képes tartani a vízelvezető rendszer – a lefolyás dinamikája megegyezik a csapadék pótlódás dinamikájával - és így nem keletkeznek elöntések.*

*A kis belvízi elöntések és a kis lefolyások tartományában az adatok megbízhatósága kétséges. A tájegység sajátossága, hogy a legnagyobb elöntések és lefolyások január – március között jelentkeznek. Fontos, hogy a belvízelvezető rendszer valamennyi eleme ezen időszakra képes legyen feladatát teljesíteni.*

*A tájegység további sajátossága, hogy a nyári közepén újabb lefolyási maximumra lehet számítani. A Tisza balparti belvízi tájegység jellemzője, hogy késő őszi hónapoktól kezdődően a lefolyás folyamatosan csökken. A vízrendszer – tekintettel a késő őszi felhalmozódási időszakra – lehetőséget biztosít hosszabb idejű kiegyenlítéssel működő víztározók működtetésére. Ezen tározókkal a lefolyásban tapasztalt szélsőségek enyhíthetők a vízhiányos időszakban. Jövőbeni fejlesztési célként körvonalazódik a belvízi elöntések és a lefolyások szabatos mérésének megoldása, minél szélesebb körben.*

7. A belvízi elöntések relatív gyakorisági térképe alapján megállapítható, hogy a vizsgálati terület egyötöde már legalább egy alkalommal belvívelöntés alá került. A vizsgálati terület mintegy 10 %-án már két alkalommal fordultak elő belvízi elöntések. 3-4 alkalommal a terület 2-4 %-a került elöntésre. A terület több mint 0,7 %-a 5 alkalommal, míg a terület 0,2 %-a 6 alkalommal került víz alá. 7 alkalommal a terület 0,085 %-a, 8 alkalommal a terület 0,004 %-a volt elöntve. Nagy gyakorisággal belvízi elöntések az alábbi területeken jelentkeztek:
- Szentestől északkeletre és keletre,
  - Hódmezővásárhelytől észak-északkeletre,
  - Hódmezővásárhelytől kelet-délkeleti irányban.
8. A belvízzel gyakorta járt területek részletesebb vizsgálata alapján megállapítható, hogy két területi sajátosság figyelhető meg:
- egyrészt jellemzőek a nagy „területi” kiterjedéssel rendelkező területek,
  - másrészt gyakoriak a „vonal” mentén megjelenő belvízi elöntések.
- A „területi” kiterjedéssel rendelkező belvízi elöntések tekintetében megállapítható, hogy a kis terepeséssel rendelkező területeken ezen típusú belvízi elöntések kialakulása dominál. Bár ezeken a területeken is található kiépített belvízi elvezető csatornahálózat, feltételezhető, hogy itt a belvízi elöntésekben tározott víztömegek összegyülekezése, nem indul meg a befogadó csatornák felé. Az elöntések maximális (regisztrált) kontúrja a területen egyenletesen eloszlást mutat.*
- Az elöntések „vonal” menti koncentrálódásával kapcsolatban megállapítható, hogy a kellő terepeséssel rendelkező területeken a csatornák nyomvonala mentén nő meg a belvizek gyakorisága.*
9. *A belvizek összegyülekezési folyamatát vizsgálva megállapítható, hogy az összegyülekezési folyamat a belvízlevezető csatornák nyomvonalánál „megtorpan”. Az összegyülekezett víztömeg a csatorna (mint befogadó) pillanatnyi vízszintjétől függően folyhat be a csatornába. Amennyiben a csatorna magas vízszintje miatt nem képes fogadni a vizeket, úgy azok a levezető csatorna nyomvonala mentén tározódni fognak. A befogadó kapacitását meghaladó víztömegek mindaddig tározódni fognak, amíg nem képesek befolyni a befogadóba. Azaz az összegyülekezett vizek elvezetését, nem az összegyülekezett víz mennyisége, hanem a befogadó állapota, teltsége határozza meg (elvezetési potenciálja). Amennyiben az összegyülekezett víz térfogata nem haladja*

*meg a befogadó vízrendszer pillanatnyi tározási kapacitását, akkor a befogadó azt elvezetni képes. Amennyiben az érkező víz mennyisége meghaladja a befogadó tározási kapacitását, úgy a két térfogat közötti különbség tározódni fog, mégpedig a torkolati pontok környezetében, majd a belépési pontoktól kezdődően a betorkolló csatorna mentén a folyásirány mentén visszafelé haladva.*

*Ezen folyamat képződik le a torkolati szivattyútelepeknél is, amikor a telep kapacitását meghaladó vízhozamok a torkolattól kiindulva tározódnak az elöntésekben. A tapasztalatok alapján ezen „kénysztározódás”, valamint árvízi időszakban a folyómedrekből származó fakadóvizek a folyó melletti területeken jelentős mértékben meghatározzák a folyók mentén észlelt gyakori belvízi elöntéseket. Az árvízi eredetű fakadóvizek – a szivárgási jelenségek hatótávolságának következtében – csak a folyó, illetve az árvízvédelmi töltés 100-300 méteres távolságában észlelhetők, így a belvizek gyakoriságára kifejtett hatásuk is ezen sávban érvényesül.*

*10. A belvíz-mentesítési feladatok során a mezőgazdasági területek vízborításának csökkentése érdekében, a terepi lejtés viszonyokat meghaladó mértékű fenékeséssel kialakított csatornahálózatok létesültek. A csatornák a belvízi elöntések területi kialakulását jelentősen módosították. A gyakorisági térképek vizsgálata alapján megállítható, hogy a csatornák nyomvonalai mentén az elöntések gyakorisági értékei megnöttek, s így módon a belvízelvezető hálózat az elöntések súlypontjait „áthelyezte” a csatornák nyomvonalára!*

*11. A területi vízgazdálkodásban az elmúlt 40 évében a belvíz elleni védekezés súlypontja eltolódott a belvizek elvezetésének gyorsítása irányába. A védekezési tevékenységek tervezésénél a hangsúlyt a belvizek a lehető legrövidebb idő alatti elvezetését határozták meg az elérendő célként. A belvízi elöntéssel, mint térfogattal szemben az elvezetési kapacitás növelését tartották követendőnek. A belvizekben tárolt víztömegek kezelését csak néhány esetben törekedtek megoldani tározók építésével. Az épített belvízvédelmi tározók és szükségtározók jelenlegi helyének és üzemrendjének felülvizsgálata szükséges, abból a célból, hogy a képződött belvizeket, a képződés helyén (vagy annak közelében) lehessen tartatni. Törekedni kell arra, hogy a levezető csatornák elvezetési potenciáljának függvényében vezessék el a vizeket.*



12. *A belvízi kérdés tározókkal történő megoldásával a terület eredeti levonulási viszonyaihoz illeszkedő rendszerek valósíthatók meg, melyek elősegítik az Európai Unió Víz Keretirányelvének hazai végrehajtásával kapcsolatban is feladatként merülő, a területek természetes, vagy ahhoz közeli – a társadalmi igényekhez igazodó – vízgazdálkodási feltételeinek biztosítását a jó ökológiai állapotok megteremtése és fenntartása érdekében.*
13. A belvíz vizsgálata során fontos *az antropogén tényezők* – vízkormányzási eljárások, illetve a lefolyási akadályok el nem távolítása, vízfolyások egymásra hatása, stb. – szerepének elkülönítése, ugyanis azok *befolyása a belvizek kialakulására sok esetben meghatározó, gyakran a természeti tényezőket meghaladó mértékű.* Ugyancsak fontos, hogy a belvizek kialakulására hatással bíró helyi és regionális tényezők hatásait érvényesülésük szintjén vegyék figyelembe. Nem helyes a regionális hatású tényezők vizsgálatát a kis kiterjedésű tényezőkkel együttesen elvégezni.
14. A belvízi elöntések kialakulásában meghatározó szerepet játszik *a belvízelvezető csatornahálózat helyszínrajzi vonalvezetése.* A megnövekedett gyakoriság miatt a belvízelvezető csatornarendszerek „*felülvizsgálata*” során *törekedni kell az elöntési gyakoriságok természetes eloszlásának „visszaállítására”.* Az *elöntések károkozása elleni tevékenység súlypontját a lefolyások késleltetésére kell helyezni, szemben az eddigiekben alkalmazott lefolyások gyorsítással.* Amennyiben csak a „főlös” vizeket vezetik el, úgy a vízgyűjtők vízforgalmának „kiegyenlítődése” várható. A vízforgalommal kapcsolatban törekedni kell a vízgyűjtő „természetes” vízjárásának visszaállítására, amellyel kapcsolatban a lefolyások késleltetése várhatóan kedvező hatást fejt ki.
15. A lefolyások késleltetésénél, kerülni kell a medrekben történő tározás kialakulását. Lehetőség szerint az egymással „soros” kapcsolatban lévő vízelvezető hálózati elemek (csatornák, medertározók) helyett a „párhuzamos” kapcsolatban lévő vízhálózati elemeket kell rendszerbe foglalni (a párhuzamos kapcsolatok például a rendszerbe kapcsolt oldaltározókkal valósíthatók meg). Az oldaltárók biztosítják a szükséges tározó tereket, s azokból a levonulási viszonyokhoz illeszkedve engedhető le a tározott víztömeg. A vízelvezető rendszer csatornáiban a kiegyenlített vízleeresztés miatt kiegyenlítettebb vízjárás alakul ki. Az medertározás háttérbe szorításával biztosítható,

hogy antropogén hatások következtében a vízi életközösségekre gyakorolt kedvezőtlen hatások súlya csökkenjen.

### 13. Summary

When someone would like to define the phenomenon of inundations by undrained runoff, it will be realised that no suitable definition exists which includes its natural characteristic and its consequences. Several definitions contain only the damages of inundations. Especially definitions in foreign languages are not existing: in English usually inland water or surface excess water are used and in German “polderwasser”. My recommendation for the definition of the inundation by undrained runoff is the following: *the excess water occurs as inundations on the surface, or from the saturated upper layers these waters do not flow away on natural (by gravity) way*. The excess water depends on natural circumstances and artificial facilities (which are the results of human interventions). The natural circumstances are (1) meteorological conditions (temperature, precipitation), (2) morphological conditions (altitude, geographic structure, convexity), (3) soil properties (permeability, physical structure, reservoir ability, soil type), (4) hydro-geological conditions (ground-water level state) and (5) geological conditions (parent rock, impermeable layer statement). The artificial facilities are (1) system’s facilities (capacity of the system during excess water’s period, its structure, the backwater effect), (2) agricultural conditions (irrigation, used agricultural technologies, type of cultivated plant) and (3) increasing settlements areas.

The probability of inundation within a year is the greatest in late winter and early spring, between December and April (inundations in long term, when the tolerance of cultivated plant are high). In summer, between June and August inundations are less frequent, in autumn, between September and November is very rare.

Inundation can develop in two ways, i.e. horizontally or vertically. In the horizontal way the inundation is produced by natural way (gravity), or by anthropogenic effects (for example by using pumping stations). We can appoint that if the development of inundation appears to have horizontal flow direction, then between the effect of the natural circumstances and the location of the inundation is no direct connection.

The vertical development way contains two vertical directions. The development of the concentration type inundation begins on the surface. At this case the concentrated water can’t flow in to the deepest layers because of meteorological or morphological reasons. On the

other hand, during special hydro-geological circumstances the water flow from the deepest layers to the surface determined by the conditions of ground waters.

The damages by inundations and by undrained runoff depend on plant development stage. During inundations at spring the plants are in early development stage, therefore, they can tolerate longer inundations. At summer the plants are in their mature development state, therefore, the summer inundations might cause great damages even on smaller inundation areas.

During the quantitative evaluation of inundations I have evaluated the connection between the areas of inundations and flow discharges. The characteristic curve of the studied area was determined by a polynomial form. This characteristic curve offers the opportunity to check and correct the quantitative parameters, and their reconstruction if it is needed.

The field of the probability surface of quantitative parameters shows that if the value is greater than 5 or less than 2.5 (the unit of runoff is given in mm/h, and the area of inundations in ha/km<sup>2</sup>) the accuracy of the ranges were not enough, therefore, at these ranges the continuous development of the survey methods and applications is required. At lower range an important question is the use of precise measuring methods and applications. In this range the application of GPS-technology and modern remote sensing technologies enables us to provide the required accuracy at the areas of inundations.

I have appointed that the inundations by undrained runoff have the highest frequency in late winter and early spring months, during snow melt. At this period the area of inundation can reach the peak value, and it is followed by slow shrinkage. The inundation development can be repeated in others waves. The probability of inundations is smaller at summer and the smallest at autumn.

From the field of the probability surface of quantity parameters I have defined that, the biggest inundations were between December and March (>2,5 ha/km<sup>2</sup>). Based on the studied data I have to remark that smaller inundations (<1 ha/km<sup>2</sup>) have similar probability. This wasn't prove by the experienced data. Probably, this fact is can be explained by the inadequate accuracy of the measuring method.

From the study of those peak flows which produced by the inundations we can define that, the more remarkable flow values (between 2 and 4 mm/hour) can be measured between February and May.

Higher values can be rarely measured in Summer. The observers measured higher flow values during the Autumn in October and in November (between 1 and 3 mm/hour).

Based on the results on differences of the field of the probability surface of monthly flow peaks and the maximum of specific inundations I have assumed that, if at the studied month the monthly flow peak produced by a specific inundation, the difference of its probability surface converges to zero. Consequently, the connection can be proved at the minimum values of the two surfaces. We can conclude from the difference value, whether there is a delay period between the inundations and the flows, or the decreasing difference caused by other reasons. If the difference is positive, than there wasn't inundation in parallel with the flow, if the difference is negative there wasn't any flow from the inundation. We can define from the values of difference, that the maximum of the inundation and the maximum of the flows coincide with each other between January and March, consequently the flows produced by the inundations at this period. On the basis on the difference surface the extreme values of flow also can be defined, which does not pair from the extreme values of inundations between March and May. Probably, the rain is in balance with the capacity of the drainage system, the flow's dynamic is in harmony with the dynamism of the rain concentration, therefore, there are no inundations.

From the study of characteristic curves and the quantity parameters of the inundations we can define, that the data accuracy is not significant in the range of the small inundation caused by undrained runoff and in the range of small flows. In the study area the greatest inundations and flows appears between January and March. This is important for the present and future practice, as the drainage system has to be able to accomplish its task.

The network assures the operation of reservoirs for long periods, considering the accumulation period. These reservoirs can help to eliminate the extreme effects of the water scarcity.

A future development aim could be to use accurate measuring methods on the inundations and flows in the future.

The literature research shows that the effect of anthropogenic factors have not been examined in the required depth in the different articles. These factors can decrease the efficiency of the forecasts. It would be important to determine the value of inundation hazard as a function of the caused damages.

The study on the long-term history of inundated areas could be more efficiently used instead of the use of the value of endangered areas by undrained runoff. There is no database which contains the contour of inundations on GIS platform.

The inundation probability map of the area shows, that inundations can be experienced on the 20 % of the area. There were inundations only on 1 % of the area, but such areas also exist where inundations were eight times. On the base of this fact we can define that the conditions of the inundations on the study area are indispensable from the point of view of the rural development. Form the point of view of inundation the most frequently areas are near to Szentes and Hódmezővásárhely.

On the study area the area where inundations appear can have two different shapes: large, extended patches or long elongated lines. At the oval shaped, patched inundations mild surface slope was identified. On these areas during the concentration period the inundations do not flow towards the direction of lower areas, and the location of the inundation remains the same. In the case of elongated shaped inundations the probability of inundation increases along the canals where the slope of surface is greater. Therefore, during the study of the concentration procedure of inundations the temporary capacity of the recipient canal must be considered as a modifying function. If the recipient channel has a high level it ca not drain more water causing inundations along the canal. The flow of concentrated waters into a recipient channel does not determine the quantity of the concentrated water, but the capacity of the recipient. The recipient channel is able to drain the access waters if the quantity of the concentrated water is not greater than the storage capacity of the recipient drainage system. If the quantity of the departing water is greater than the capacity of the recipient, the difference between the two volumes will cause inundations in the vicinity of the outlet and will result inundations upstream. This procedure can be observed at the pumping stations, where sometimes that amount of water causes inundations which is exceeds the capacity of the station. The high probability of the inundations along the canals makes further corrections necessary in the recently applied sizing procedure, because the probability of inundation increased along the canals.

During the last 40 years in the inundation defence activity the most important aim was to increase the natural flow velocity. Based on the probability map of inundations one can define, that the modernization of the sizing method is indispensable because the modified concentration theory is not suitable for the use. The defence activities should be modernized in the case of inundations along the canals which are signed to eliminate inundation damages. Instead of the applied priority of the draining categories of sensitivity should be determined in connection with the inundations. The determined sensitivity categories should be considered in the financial analysis.

In connection with the implementation of the EU Water Framework Directive, a sustainable development of river basins has to be provided. We have to aspire to favourable water management conditions in connection with small catchments, to reserve water resources. To reach this aim the reservoirs can provide reservation and can eliminate the charging of canal network.

From the point of view inundation initiation it is important to consider the effects of different water operations. We have to study the natural circumstances and artificial facilities separately, because the artificial facilities are able to dominate over the natural circumstances.

The network of canals plays a determinative role the spatial varying of inundations. Because of the increased probability the lowland drainage system's capacity should be re-sized. During the procedure an effort should be taken to reconstruct the "original" probability of the inundation and the role of gravity should be emphasised in the delaying of flows. If we drain away only the excess waters, than we will foresee the development of the catchment's water resources balance.

We have to make effort to build reservoirs considering the location of inundations. We have to extent the water resources management activities on those waters which appeal in the excess water periods. At those activities which aim the delaying of the surface waters flow, parallel connection between the parts of the drainage should be design instead of serial connections. (The reservoirs along the canals can be an appreciate approach of this question.) Expectedly the range of water will be more balanced because of the continuous draining and the effect of the anthropogenic impacts can decrease.

In connection with the effect of rain, I have defined the distribution of measured precipitation values. These figures can be used in the activity at time of excess waters to plan the prevention activities.

## **Irodalomjegyzék:**

- Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság:** Az 1996. évi téli-tavaszi belvízvédekezés az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság működési területén. (Előadások, hozzászólások.) Hidrológiai Közlöny, 1967. 1.
- Almássy E.** (1996): Hidrológia-hidrográfia, Nemzeti Tankönyvkiadó
- Amstrong, A. C.** (1991): A mezőgazdasági területek talajcsővezetésének hatása és jövőbeni megítélésének hatása az Egyesült Királyságban. Hidrológiai Közlöny. 2. 99-103 p.
- Babos Z.** (1957) A mértékadó belvízi hozam ok Szeged környékén. Vízügyi Közlemények 1957. 3. 210-233. p.
- Bácsi E.- Sulyok-Schulek B.** (1968): Téli víztározás és belvíz, Vízügyi Közlemények 4. füzet
- Bada G-Horváth F.** (1998): A Pannon-medence jelenkori tektonikája, Természet világa II. különszám 18-23 p.
- Báldi T.** (1978): A történeti földtan alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó
- Baranyó G.** (1979): A Körös vidék és a belvízkárok (1953-1975), Békési Élet, 4. szám, 439-462. p.
- Baranyó G.** (1989): A Körösök e századi vízviszonyai Kienitz Vilmos munkássága tükrében, Hidrológiai Közlöny LIIIX. Évf. 6.sz 366-374 p.
- Bardócziné Sz. E.-Domonkos P.** (2001): A mezőgazdasági vízellátottság természeti eredetű problémái Magyarországon. 7-16 p. In. Harkányiné, Székely Zs., Domonkos P., Bardócziné Sz. E. 2001: Mezőgazdasági tájak vízellátottságának jellemzése földrajzi információs rendszerekkel. SZIE. Gödöllő.
- Baukó T.-Dövényi Z.-Rakonczai J.** (1981): Természeti és társadalmi tényezők szerepe a belvízel kialakulásában a Maros hordalékkúp keleti részén. -Alföldi Tanulmányok. Békéscsaba III. kötet, 35-39 p.
- Bezdán M.:** Teljesítőképességi elemzés az algyői belvízrendszer példáján. Hidrológiai Közlöny, 1994. 6.
- Birkás M.** (2001): Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban, 121-160 p. In. Birkás M. (szerk.) 2001: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest.
- Birkás M.** (2000): A talajtömörödés kialakulása Magyarországon; Következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei. -Akadémiai Doktori értekezés Tézisei. SZIE, Gödöllő, 46.
- Birkás M. szerk.** (2002): Környezetkímélő és takarékos talajművelés. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest.
- Bíró T.** (1998): A vízrendezési célú beavatkozások megalapozásához szükséges fontosabb környezeti paraméterek vizsgálata. PhD értekezés tézisei, Debrecen 19 p.
- Bíró T.-Tamás J.-Lénárt Cs.** (2001): Belvíztérképezés a területfejlesztés szolgálatában, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Bogárdi J.** (1952): A csapadék és hőmérséklet hatása a talajvíztükör változására, MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei, V.K. 4. szám, 33-60 p.
- Bogárdi J.** (1952): Az Alföldi talajvízállás változásának vizsgálati módszertani kérdései. VITUKI Kutatások, 37-59 p.
- Bogárdi J.** (1953): A várható tavaszi maximális havi közepes talajvízállások előrejelzése az Alföldön. Hidrológiai Közlöny. 11-12. sz. 415-422 p.
- Bogárdi J.-Petrasovics I. szerk.** (1980): Öntözési és vízrendezési értelmező szótár. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Bokor M.-Babos Z.** (1956) Belvízrendszerek mértékadó vízmennyisége. Hidrológiai Közlöny 1956. 4. 262-266. p.
- Borsy Z. szerk.** (1992) Általános természeti földrajz, Nemzeti Tankönyvkiadó



- Csatári B.** (2001): A Tisza vidék problémái és fejlesztési lehetőségei. Tisza Vidék kutatás Fejlesztési program összefoglalója, Kecskemét, Fejlesztési prioritások- A belvízvédelmé stratégiai kérdései. <http://www.alfoldinfo.hu/tisza/tiszkotet42.html>
- Csermák B.** (1996): Hidrológiai adatgyűjtés-adatfeldolgozás a vízkészletgazdálkodás igényeire tekintettel, Vízügyi Közlemények, 1. Füzet, Budapest, 50-61 p.
- Csongrád Megye Statisztikai Évkönyve** (1951-2000) Központi Statisztikai Hivatal Csongrád Megyei Igazgatósága, Szeged
- Darab K.-Ferencz K.** (1969): Öntözött területek talajterképezése, Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, Budapest
- Detrekői Á.** (2001): A földtudományok és a térinformatika kapcsolata, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. CD
- Dobos E.** (2001): A domborzat, mint talajképző tényező kvantitatív modellezése digitális modellek felhasználásával, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. CD
- Domonkos P.** (2001): Éghajlatváltozás és vízellátottság. 106-121 p. In. Harkányiné, Székely Zs.
- Domonkos P.-Bardócziné Sz. E.** (2001): Mezőgazdasági tájak vízellátottságának jellemzése földrajzi információs rendszerekkel. SZIE. Gödöllő.
- Dusek T.** (2001): A területi lehatárolások statisztikai következményei, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. CD
- Dvoracsek M.** (1957): Talaj és a hó 626-664 p. In. Di Gleria I., Klimes Szmik A., Dvoracsek M. Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Endrédy E.** (1941): A szikesek keletkezésének kérdéséről, Öntözésügyi Közlemények III. évf. 1. sz. Magyar Királyi Országos Öntözésügyi Hivatal.
- Endrédy E.** (1941): A szikesek keletkezésének kérdéséről. Öntözésügyi Közlemények. Magyar Királyi Országos Öntözésügyi Hivatal. Budapest, III.évf. 1.sz. 207-212 p.
- Erdős L.** (1976): A termés szétbontása a környezeti tényezők hatásainak aránya alapján. Földrajzi Értesítő. Budapest, 1. füzet.
- Faragó P.** (2002): Békés megye területrendezési terve, VÁTI Kht.
- Fehér F.-Csaplár K.** (1980): A vízrendezés és mezőgazdasági beavatkozások kapcsolatának kísérleti módszerekkel való vizsgálata. VITUKI Kutatás 3695. 65.
- Fehér F.-Nyíri L.** (1981): Meliorációs beavatkozások hatása szikes területeken. Vízügyi Közlemények. Budapest, 1. füzet, 81-98 p.
- Fehér L.**: Árvizek és belvizek szorításában. Vízügy Történeti Füzetek, 15. Vízügyi Levéltár és Könyvtár, Budapest, 1997.
- Fekete I.** (1973): Vízgazdálkodás III., Kertészeti Egyetem, Táj- és Kertépítészeti Szak, Budapest
- Fekete Z.-Haragítai L.-Zsoldos L.** (1964): Talajtan és agrokémia, Mezőgazdasági kiadó.
- Forgó L.** (1968): A talajvízállás-alakulás irányzatának előrejelzése, Vízügyi Közlemények, 4. évf, 571-582. p.
- Forgóné Nemcsics M.** (1996): A meliorációs beavatkozások hatása a talajok vízgazdálkodására és sóforgalmára. Hidrológiai Közöny, 84-88 p.
- Forgóné Nemcsics M.** (2000): A belvízrendszer-fejlesztés mezőgazdasági megalapozása földrajzi információs rendszerekkel, Hidrológiai Közöny, 3.szám 179-185. p.
- Forgóné Nemcsics M.** (2000): A belvízrendszerek fejlesztésének mezőgazdasági megalapozása földrajzi információs rendszerrel. Hidrológiai Közöny. Budapest, 3.szám, 179-184 p.
- Frisnyák S.** (2001): A kultúrtáj kialakulása és terjedése az Alföldön, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Gábris Gy.** (1986): Alföldi folyóink holocén vízhozamai, -Alföldi tanulmányok 35-53 p.,

- Gazdag L.** (1960): Régi vízfolyások és elhagyott folyómedrek Orosháza környékén, Szántó Kovács János Múzeum évkönyve 257-303 p.
- Géczy G.** (1968): Magyarország mezőgazdasági területe, Akadémiai kiadó
- Gergely E.** (2001): Belvízjárta területek területhasználati szerkezetváltásának természetvédelmi szempontú megalapozása 1999-2000. évi légifelvételek kiértékelésével, Vituki Rt.
- Győri D.** (1975): A környezetvédelem talajtani vonatkozásai, Budapesti Műszaki Egyetem.
- Győri D.** (1997): A talaj és a környezet, Veszprémi egyetemi kiadó.
- Gyurica Cs.** (2001): A fenntartható talajművelés talajfizikai és biológiai alapjai, 71-98. In: Birkás M. (szerk.) 2001: Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban. Akaprint Nyomdaipari Kft. Budapest.
- Hanusz I.** (1895): A nagy magyar Alföld,
- Hanyec V.** szerk. (1995): Körös-maros vidék. Mezőgazdaság (Helyzetismertető). Szarvas ÖKI. 154.
- Harkányiné Székely Zs.** (2001): Az éghajlati vízellátottság kérdéseinek vizsgálata térinformatikai módszerekkel, Hidrológiai Közlöny, 80. évf., 3. szám 185-192. p.
- Hartyányi L.** (1966): A belvízrendezés és a mezőgazdaság, Békési Élet, 2. szám, 49-60 p.
- Hartyányi L.** (1974): A Kondoros-völgyi mintavízgyűjtőn folyó vízháztartási vizsgálatok. Öntözéses Gazdálkodás. Szarvas, Vol.XI. No 2. 13-32 p.
- Horváth E.-Oroszlány I.** (1980): Felszíni vizek keletkezése áteresztő fedőrétegű öblözetekben. Vízügyi Közlemények Budapest, 3.szám 97-105 p.
- Horváth Sz.-Makra L.-Mika J.** (2001): A klíma és a területhasznosítás változékonyságának kölcsönhatásai a Tisza magyarországi vízgyűjtő területén, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Istók G.** (1995) A felszín alatti vizekből lehetséges öntözések feltételeinek vizsgálata a Duna-Tisza köz déli részén. Szakdolgozat PMMF-VGI Baja 1995.
- Joó I.** (1998): Magyarország függőleges irányú mozgásai.  
[www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/1989/09/1989-09-1.htm](http://www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/1989/09/1989-09-1.htm).
- Joó I.-Balázsik V.-Gyenes R.** (2000): A jelenkori függőleges felszínmozgások és a Dél-kelet-Magyarországon végzett szeizmikus mélyszondázási adatok összehasonlítása  
[www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/2000/05/2.htm](http://www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/2000/05/2.htm).
- Joó I.-Balázsik V.-Gyenes R.** (2000):Szeged-Békéscsaba térségében a függőleges felszínmozgások és földtani jellemzők többváltozós együttes elemzése.  
[www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/13.2000/10/3.htm](http://www.fomi.hu/Internet/magyar/szaklap/13.2000/10/3.htm).
- Kabai I.** (1988): Geotechnika I. Budapesti Műszaki Egyetem (BME), Budapest
- Kalavszky K.** (1974): Belvízhullámot előidéző hóolvadások vizsgálata. Öntözéses Gazdálkodás. Szarvas, Vol.XI. No. 2. 47-58 p.
- Kaliczka L.** (1989): Gondolatok a vízrendezés és a talajvédelem problémáiról. Hidrológiai Közlöny. Budapest, 6. szám 353-361 p.
- Kalmár J.-Kuti L.-Kovács-Pálffy P.- Szendreiné Koren E.** (1997): Ásványtani és szedimentológiai vizsgálatok a szarvasi-mintaterület fekszíni és felszín közeli képződményein. Földtani Közlöny. Budapest, 127/3-4, 385-403 p.
- Katona Zs.-Deli A.-Lampert L.** (1989): Szivornyás talajcsövezési rendszer szimulációja. Hidrológiai Közlöny, Budapest, 4.szám, 211-219 p.
- Kereszturszky J.-Koczka J.-Szalóki S.** (1995): Felszíni vízhiányos térségek mezőgazdasági vízigénye, Öntözési Kutató Intézet (ÖKI), Szarvas
- Keveiné Bárány I.** (1993): Az Alföld agroökoszisztémán kívüli területeinek flórája és faunája, Alföldi tanulmányok XV. kötet 31-62 p., MTA Regionális Kutatások Központja, Alföldi Kutatócsoport

- Keveiné Bárány I.-Mezősi G.** (1992): A szélrózsió és szélenergia regionális különbségei az Alföldön. Alföldi tanulmányok. MTA Regionális Kutatások Központja, Alföld Tudományos Intézet békéscsabai Osztály. Békéscsaba XIV. kötet 7-14 p.
- Kienitz G.** (1974): A síkvidéki, befolyásolt összegyülekezési folyamat hidrológiai modellje. A modell leírása. Tanulmányok és Kutatási eredmények, 42/A szám. VITUKI, Budapest, 68.
- Kienitz G.** (1974): A levezető hálózat sűrítésének hatása a lefolyó belvízmennyiségre és az összegyülekezési időre. Öntözéses gazdálkodás. Szarvas, Vol.XI.No 2. 33-46 p.
- Kienitz G.** (1966): A síkvidéki vízrendezés időszerű kutatási feladatai, Vízügyi Közlemények 3. füzet.
- Kienitz G.** (1968): Vízgyűjtők rendszervizsgálata és a belvízjelenség, Vízügyi Közlemények 2. füzet.
- Kis K.-Oroszlány I.-Vajdai I.** (1981): Gazdálkodás belvizes területeken, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Kiss I.** (1989): A pusztaföldvári Harangos-ér vízfeltörései, Hidrológiai Közöny LXIX. évf. 1.sz. 59-61 p.
- Kiss I.** (1990): A vízfeltörések formái és szerepük a szikes területek kialakulásában, Hidrológiai közöny LXX. évf. 5.sz 281-287 p.
- Klimes-Szmik A.** (1957): A talajok főbb mechanikai és fizikai tulajdonságai. 204-340. In. Di Gleria J., Klimes-Szmink A., Dvoracek M. Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Konecsni K.** (2000): Az országon túli tájatalakítás hatása az Alföld vízviszonyaira. 27-45 p. In Pálfi I. (szerk.) A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Nagyalföld alapítvány Kötetei 6. Békéscsaba.
- Kontur I.-Koris K.-Winter J.** (1980): Hidrológiai számítások I. kötet, Budapesti Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tankönyvkiadó, Budapest, Kézirat.
- Kovács G.** (1981): A melioráció jelentősége és értelmezése, A közép-békési centrumok koordinált fejlesztését megalapozó kutatások (1978-1980) részletes eredményei I. kötet 146-156 p.
- Kovács G.-Szalay I.** (2001): A pusztaszőlősi psz. 34. sz. kút kitörésének hatása a környezetre, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Kovács Gy.** (1972): Talajvíz kérdések a mezőgazdasági vízgazdálkodásban. Kézirat. Tankönyv Kiadó Budapest. 166.
- Kovács Gy.** (1973): A felszín alatti vizek hidrológiai vizsgálata. Kézirat. Tankönyvkiadó, Budapest, 168.
- Kozák P.** (1994) Talajvízszín alakulása az Alföld délkeleti részén Szakdolgozat PMMF-VGI Baja 1994.
- Kozák P.** (2003) Az alföldi belvizek jellemzése. Hidrológiai Közöny 2003. 1. 51-61
- Krajko Gy.-Abonyiné** (1995): Magyarország gazdaságföldrajza, Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Kreybig L.** (1946): Adatok Magyarország vízviszonyainak rendezéséhez növénytermesztési szempontból, Magyar Mezőgazdasági Művelődési Társaság kiadványa 202-215 p.
- Kreybig L.** (1953): Az okszerű agrotechnika alaptényezői. 17-162. In. Kreybig L. Az agrotechnika tényezői és irányelvei. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Kucsera E.** (2001): A Száraz-ér szerepe, jelentősége átalakításának kezdetéig. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Lupkovics B.** (1969): Adatok és értékelések belvizeink megjelenéséhez, Vízügyi Közlemények 1. füzet.
- Mados L.** (1940): Talajismeretek hasznosítása a belvízrendezés terén, Öntözésügyi Közlemények II. évf. 2. sz., Magyar királyi Országos Öntözésügyi Hivatal.

- Major P.** (1981): Talajvízháztartási paraméterek meghatározása és térképi ábrázolása, VITUKI, Budapest, Kézirat.
- Makra L.-Kiss Á.-Abonyiné Palotás J.** (1986): Az aszály klimatológiai és talajvízháztartási összetevői, valamint néhány mezőgazdasági vetülete a Dél-Alföldön. Alföldi Tanulmányok. MTA Regionális Kutatások Központja, Alföld Tudományos Intézet békéscsabai Osztály. Békéscsaba. X kötet 99-111. p.
- Márkus Gy. szerk.**(1935): Békés vármegye, Békés vármegye Monográfiája Szerkesztősége és Kiadóhivatala.
- Marosi S.-Somogyi S.** (1990): Magyarország kistájekatasztere I.-II. MTA Földrajztudományi Kutató Intézete.
- Márton Gy.** (1914): A Maros alföldi szakasza és fattyúmedrei, Földrajzi Közlemények XLII. Kötet, Magyar Földrajzi Társaság
- Mika J.** (2000-2002): Regionális éghajlati forgató könyvek. MTA doktori értekezés Tézisei. Budapest, 24.
- Mike K.** (1984): Magyarország ösvízrajza és felszíni vizeinek története.
- Molnár B.** (1984): A Föld és az élet fejlődése. Nemzeti Tankönyvkiadó.
- Nagy L.** (1982): A növénytermesztést gátló belvízveszélyes területek elhelyezkedése hazánkban. Földrajzi Értesítő XXXI. évf. 2-3. Füzet, 331-338 p.
- Németh E.** (1942): A korszerű mezőgazdaság vízi feladatai, Öntözésügyi közlemények IV évf. 2.sz, Magyar Királyi Országos Öntözésügyi Hivatal.
- O.V.F.** (2000): Vízrendezési szakterület adatainak válogatott gyűjteménye. Budapest.15.
- Orlóczy I.:** Hozzászólás „Az 1966. téli-tavaszi belvízvédkezés” előadásokhoz. Hidrológiai Közlöny, 1967. 1.
- Orlóczy I. - Pintér Á. - Szalóki 5. - Szesztay K.** (1993): A növénytermesztés hidroökológiai rendszere Magyarországon, Tempus Tanfolyam, Gödöllő.
- Orlóczy I. - Szászhegyi P. - Kienitz G. - Balló I. - Karcagi C. - Mihályfalvi I. -Takács L. - Hartyányi L.Harmati I.** (1966): Belvízvédelmi értekezés Szegeden 1965. Október 15., Vízügyi Közlemények, 1. Füzet, Budapest, 16-49 p.
- Orlóczy I.** (1984): A Kettős-Körös térségének hidrológiai jellemzése, Budapest, Kézirat.
- Orlóczy I. - Schleigel O.** (1967): Jelentősebb belvízvédkezéseink összehasonlító értékelése. Vízügyi Közlemények. Budapest, XLVIX. 1. füzet, 51- 71 p.
- Oroszlány I** (1965): Vízgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. .
- Oroszlány I.** (1981): A vízgazdálkodás fejlődése Magyarországon. Hidrológia. Károsan vízbő víz háztartási helyzetek megelőzése hidrotechnikai módszerekkel. 7-79. In. Vajdai I. (szerk.) Gazdálkodás belvizes területeken. Mezőgazdasági Kiadó.
- Oroszlány 1.** (1982): A nagy-,illetve kistérségi levezető hálózatok kölcsönhatása és egysége Alföldünkön. 80-133 p.In. Petrasovics L (szerk.) Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- OVH** (1984): Országos Vízgazdálkodási Keretterv.
- Pálfai I.** (1981): Talajvíz-feltörések a Maros hordalékkúpján, Vízgazdálkodás, 11-12. Szám, 10-11. p.
- Pálfai I.** (1981): Síkvidéki területek vízrendezésének értékelése. Szakértői jelentés a Vízgazdálkodási Intézet megbízásából. Szeged.
- Pálfai I.** (1982) A belvízi veszélyeztettség területi mutatója. MHT III. Országos Vándorgyűlés Debrecen
- Pálfai I.** (1983): A Maros hordalékkúpjának hidrológiai kérdései, Hidrológiai Közlöny, 2. Szám, 89-94 p. Pálfai I. (1986): Talajvízfeltörések a Dél-alföldön, Földtani Kutatás, XXIX. évf., 4. Szám, 33-37 p.
- Pálfai I.** (1986): Síkvidéki területeink hidrológiai vizsgálata, Hidrológiai Közlöny 2. Szám, 65-72 p.

- Pálfai I.** (1988): Belvízi elöntések az Alföldön., Alföldi Tanulmányok. MTA Regionális Kutatások Központja, Alföldi Tudományos Intézet békéscsabai Osztály. Békéscsaba. X11. kötet 7-33 p.
- Pálfai I.** (1992): Belvízzel veszélyeztetett területek az Alföldön. Kézirat. Környezetgazdálkodási Intézet, Környezetvédelmi Tájékoztató Szolgálat Budapest, 83.
- Pálfai I.** (1993): „A mezőgazdasági és a vízgazdálkodás kapcsolata az Alföldön” című konferencia, Vízügyi Közlemények, LXXV, évfolyam, 4. füzet, 390-393. p.
- Pálfai I.** (1994): Az Alföld belvív-veszélyeztetettségi térképe, Vízügyi Közlemények, LXXVI. évfolyam, 3. füzet. 278-288. p.
- Pálfai I.** (1996): A talajnedvesség és a talajvízállás változásai az Alföldön, Vízügyi Közlemények, LXXVIII. évfolyam, 2. füzet, 207-220 p. .
- Pálfai I.** (2000): Az 1988/89 évi téli, tavaszi és nyári belvizek kialakulása, s jártosságai és összehasonlítása a korábbi nagy belvizekkel, Hidrológiai Közöny, 80. évf., 3. szám, 141-145. p.
- Pálfai I.** (2001): A belvív definíciói. Vízügyi Közlemények. 83. évf. 3. füzet, 376-392 p.
- Pásztor L. - Szabó J. - Bakacsi Zs. - Csökli G. - Zágoni B.** (2001): 1:25000-es méretarányú talajtani földrajzi mintázat az ország egyes területein a Kreybig digitális talaj információs rendszer alapján, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Péczeli Gy.** (1979): A talaj vízháztartásának néhány éghajlati sajátossága Békés megyében. Alföldi Tanulmányok. L 31-40 p.
- Petrasovits I. - Vajdai I.** (1982): A termőhelyi víztöbbletek termelést korlátozó hatásai 19-36 p. In. Petrasovics I. (szerk.) Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Pintér Á. - Jónás Gyné. - Kissné M.Cs. - Németh I. - Tamula Lné.** (1983): A magyarországi termőterületek vízhiányainak jellemzése. Kézirat. Vízgazdálkodási Intézet. 126.
- Pichler J.** (1954) A Tisza-völgy belvízrendezésének fejlesztése. Vízügyi Közlemények 1954. 1. 9-28. p.
- Polgár Gy.** (1966): A belvízjárás és napfolt tevékenységek kapcsolata. Vízügyi Közlemények. 48. évf 1. sz. 130-132 p.
- Posewitz G.** (1941): A termőtalajok vízháztartása, Öntözésügyi Közlemények III évf 1, sz., Magyar Királyi Országos Öntözésügyi Hivatal.
- Prettenhoffer I. - Gratzl D.** (1961): A tiszántúli szikeseken végzett altalajlazítási kísérletek eddigi eredményei (1955-59), Agrokémia és talajtan X. évf. 23-41 p.
- Rácz L.** (1999): Az Alföld éghajlatváltozásainak hosszú távú trendjei. Kézirat MTA stratégiai Kutatások. Alföld II. Kutatási Program.
- Rakonczi J.** (1988): Az emberi tevékenység környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálati lehetőségei alföldi példákon. Alföldi Tanulmányok, Békéscsaba, 59-79 p.
- Rakonczi J. - Bódis K.** (2001): A geoinformatika alkalmazása a környezeti változások kvantitatív értékelése, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. CD
- Rakonczi J. - Mucsi L. - Szatmári J. - Kovács F. - Csató Sz.** (2001): A belvizes területek lehatárolásának módszertani lehetőségei, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa. ISBN:963482544-3
- Ravasz T.** (1972): A vízrendezés mezőgazdasági alapjai, Budapesti Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Budapest, Tankönyvkiadó, Kézirat.
- Ravasz T.** (1976): A síkvidéki vízrendezés területi és agronómiai alapjainak elemzése. Hidrológiai Közöny. 56, évf. 3. szám. 97-100 p.

- Ravasz T.** (1982): A vírendezés agronómiai alapjai és termesztéstechnikai kapcsolatai. 37-79 p. In. Petrasovics I. (szerk.) Síkidéki vízrendezés és-gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Repp-Nowosad Gertrud** (1944): Kultúrnövények élete szikes talajon, Öntözésügyi Közlemények VI évt 1-2 sz., Magyar Királyi Országos Öntözésügyi Hivatal.
- Réthy A.** (1925): Magyarország elemi csapásai, Kísérletügyi Közlemények XXVIII. Kötet, M. Kir. Orsz. Meteorológiai és Földmágneselességi Intézet.
- Rónai A.** (1956): A magyar medencék talajvizei. Az országos talajvíz térképező munka eredményei 1950-1955. Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, 66. kötet, 1. füzet.
- Rónai A.** (1961): Az Alföld talajvíz térképe. (Magyarázó a talajvíztükör felszí alatti mélységének 1:200000-es méretű térképéhez) Magyar Állami Földtani Intézet. Budapest.
- Rónai A.** (1985): Geologica Hungarica, Műszaki kiadó.
- Salamin P.** (1942) Tanulmány a hazai belvízrendezésről. Hidrológiai Közlöny 1942 1-6 76-122. p.
- Salamin P.** (1956) A belvízrendszerek tervezésének néhány kérdése. Hidrológiai Közlöny 1956. 5-6. 342-350.
- Salamin P.** (1973): Mezőgazdasági vízgazdálkodás. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Schmidt E.** (1929): A vízszabályozás fejlődése és jelen állása Magyarországon. Különnyomat a Vízügyi Közlemények 1929. Január-júniusi számából. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest.
- Simon I. - Boros L.** szerk. (1994): Észak és kelet Magyarországi földrajzi évkönyv 1.
- Soltész J.** (1982): A nagytérégi vízrendezés múltja és jövője hazánk sík vidéki területein. 303-324 p. In. Petrasovics I. (szerk.) Síkidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapesti
- Somogyi S.** (2001): Ösföldrajzi és morfológiai kérdések az Alföldről. Földrajzi értesítő 319-337 p.
- Stribiczné Dankó K.** (2000): Közös gondolkodással a Száraz-ér jövőjéért, A Száraz-ér Társaság Természetkutató és Környezetvédő Egyesülete.
- Sulyok-Schulek B. - Bácsi E.** (1968): Az aszály előrejelzése és elhárítása, Vízügyi Közlemények 3. füzet.
- Sümeghy J.** (1942): az Alföld földtani felépítése és a belvizek feltörése. A Magyar Mérnök-és Építész Egylet vízépítési szakosztályának a Tisza-Duna völgyi Társulattal és a Magyarhoni Földtani Társulat hidrológiai szakosztályával - annak 25. Éves jubileuma alkalmával február 3.-án tartott ülésén elhangzott előadás anyaga. 9.
- Sümeghy J.** (1944): A Tiszántúl, M. Kir. Földtani Intézet.
- Sümeghy J.** (1954): Magyarország talajvíz viszonyai. Kézirat. Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat Budapest. 80.
- Sváb J.** (1981): Biometria módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Szabó G.** (2001): Földhasznosítás-elemzés távérzékelési és terepi adatok összevetése alapján, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Szabó J.** (1961): Geológiai viszonyok és talajnemek ismertetése. I. Füzet. Békés és Csanád megye. Magyar Gazdasági Egyesület Pest.
- Szabó J. - Pásztor L. - Bakacsi Zs. - Csökli C. - Zágonyi B.** (2001): Nagyléptékű talajtani térinformatikai rendszerek építésének tapasztalatai, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Szabolcs I.** (1961): A vízrendezések és öntözések hatása a tiszántúli talajképződési folyamatokra. Akadémiai Kiadó, Budapest. 369 p.

- Szász G.** (1994): Magyarország éghajlata és annak változékonysága. In: Cselőtei L., Harnos Zs. (szerk.) Éghajlat, időjárás, aszály. I. Az időjárás változékonysága és annak hidrológiai vonatkozásai. MTA Aszály Bizottság, Budapest, 59-104 p.
- Szekrényi B.** (1961): A talaj vízáteresztő képességének változásai a víz ráhatási idejének függvényében, Agrokémia és talajtan X. évf. 209-217 p.
- Szesztay K.**: Az Alföld vízháztartása. 7-15 p. In Pálfai I. (szerk.): A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. Nagyalföld alapítvány Kötetei 6. Békéscsaba.
- Szinay M.** (1982): Vízrendezési feladatok a táblán. 164-226 p. In. Petrasovits I. (szerk.) Síkvidéki vízrendezés és gazdálkodás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. .
- Szlávik L.-Fejér L.** (1999) Belvizek és árvizek 1999. tavaszán. Természet Világa 1999. 9.
- Szlávik L. - Bálint G.** (1997): Az 1997-es tavaszi-nyári és belvizek és a védekezési munkák, Vízügyi Közlemények, LXXIX. évfolyam, 4. füzet, 423-467 p.
- Szlávik L.** (1981): A vízgazdálkodás helyzete és fejlesztése Békés Megyében, Alföldi Tanulmányok. MTA Regionális Kutatások Központja, Alföld Tudományos Intézet békéscsabai Osztály. Békéscsaba. III. kötet 61-83 p.
- Takács K. - Fülek Gy.** (2001): Középkori csatornarendszerek kutatása, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa 6., Szeged.
- Thyll Sz. - Bíró T.** (1999): A belvíz-veszélyeztetettség térképezése, Vízügyi Közlemények, LXXXI. Évfolyam, 4. Füzet, 709-718. p.
- Tímár J. - Velkey G.** (1998): Békés Megye terület fejlesztési Konceptiója. Békés Megyei Területfejlesztési Tanács. 32.
- Tóth G.** (1961): Belvízvédelem. 73-114 p. In. Zrínyi J., László F. Vízgazdálkodásunk számokban. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
- Tóth T. - Kuti L. - Kabos S. - Pásztor L.** (2001): Az Alföldi szikes talajok elterjedését meghatározó agrogeológiai tényezők térinformatikai elemzése 1:500000 méretarányban, Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa.
- Tóthné - Hanyecz K. - Szító J.** (2000): Élőhelyek és élővilág kapcsolatának vizsgálata mezőgazdasági környezetben, kiemelve a vízviszonyok jelentőségét, Nimfea Természetvédelmi Egyesület évkönyve 195-202 p.
- Török I. Gy.** (1997) „Eszmetöredékek” a belvíz fogalmának korszerűbb értelmezése és a belvízvédekezés gazdaságossága tárgyában. MHT. XV. Országos Vándorgyűlés Kaposvár 1997.
- Török I. Gy.** (2001): A Száraz-ér története. Vízügyi Közlemények LXXXIII. évf 2. füzet 307-316 p.
- Treitz P.** (1931): A Duna-Tisza közti belvizek és hasznosításuk, Különlenyomat a „Hidrológiai Közlöny” 1930. Évfolyamából.
- Ubell K.** (1953): Talajvíz tározódás csapadék hatására. Vízügyi Közlemények. 35/2. 447-468 p.
- Ubell K.** (1954): Beszámoló a „Komlós Imre” talajvízkísérleti telepen végzett kutatómunkáról. Vízügyi Közlemények. 36. évf. 2. 209-216 p.
- Ubell K.** (1955). A talajvízjárás törvényszerűségei. Beszámoló a VITUKI 1954 é. munkásságáról. 708-122 p. Vajdai I. (1974): A káros vízbőséggel (belvízzel) kapcsolatban eddig kialakult és újabban javasolt fogalmak és károsodási formák ismertetése. Agrártudományi Egyetem Közleményei. Gödöllő, 177-182 p.
- Vajdai I.** (1975): A tavaszra időszakos káros vízbőség néhány közvetlen hatása a szántóföldi növénytermesztésre, Kandidátusi énekezés, Gödöllő.
- Vágás I.** (1976) Az 1966. évi belvizek keletkezését kialakító tényezők. Hidrológiai Közlöny 1976. 1.
- Vágás I.** (1989) A belvíz elvezetése. Hidrológiai Közlöny 1989. 2. 77-82.
- Vágás I.** (2000.) Belvizeinkről ismét – aligha utoljára. Magyar Tudomány 2000. 6.

- Vágás I.** (2003) Alföldi belvizeink elvezetése, hozzászólás. Hidrológiai Közlöny 2003. 1.62-64. p.
- Várallyay Gy. - Rajkai K. - Klimes-Szmik A.** (1979): A belvízképződésre ható talajtani tényezők, MTA TAKI Budapest.
- Várallyay Gy. - Szücs L. - Rajkai K. - Zilahy P. - Murányi A.** (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória rendszere és 1:100000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan, Tom. 29. No 1-2. 77-112 p.
- Varsányi Z.-né** (2000): Felszín alatti vízmozgási rendszerek elkülönítése a Dél-Alföldön, kémiai és izotópos vizsgálatok alapján, Hidrológiai Közlöny, 80. évf., 3. szám, 145-156. p.
- Vermes L.** szerk. (2000): Hogyan dolgozzuk ki az aszálycsökkentési stratégiát. ICID Útmutató. Budapest. 37.
- Vitális Gy.** (1989): A régi térképek vízföldtani tanulságai a XIX. sz. második felében kiadott térképek tanulmányozása alapján, Hidrológiai Közlöny LXIX. évf. 5, sz. 294-301 p.
- Vízrajzi Évkönyv** (1951-2000): Közzéteszi a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Részvénytársaság (VITUKI) Hidrológiai Intézete, Budapest.
- Völgyesi I.** (2002): A Maros-hordalékkúp felszín alatti vízháztartása, I. Ütem- Modellezés előkészítése, Adatgyűjtés, Völgyesi Mérnökiroda Hidrológiai Szolgáltató Kft.
- Zalotay E.** (1939): A Veker folyó fejlődéstörténete, Földrajzi Közlemények 27-45 p. Zentay T. (1993): Agrogeológia, Nemzeti tankönyvkiadó.
- Zsuffa I.** (1996): Felszín alatti vizek. 255-269 p. In Zsuffa I. Műszaki hidrológia. Műegyetemi Kiadó. Budapest



Végezetül szeretném megköszönni munkám elkészítéséhez nyújtott segítséget Dr. Rakonczai János egyetemi docensnek és a Szegedi Egyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék valamennyi munkatársának, Dr. Vágás István professzor úrnak a szakmai tanácsokat, Dr. Pálfai Imrének és Vaszilievits-Sömjén Györgynek a szakmai tapasztalatokat, az Alsó-Tisza vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság vezetőinek a vizsgálatok elvégzéséhez biztosított lehetőségeket, munkatársaimnak a türelmüket és Családomnak a kitartásukat.